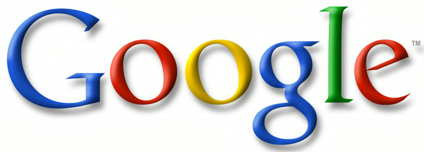


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

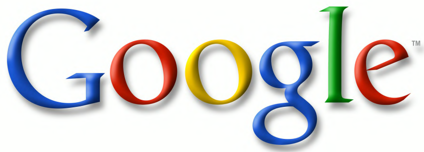
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.


THE UNIVERSITY OF MICHIGAN
·LIBRARIES·
THE UNIVERSITY OF MICHIGAN
ARTES SCIENTIA VERITAS
1817

Grundriss

der

Wildbachverbauung.

Von

Ferdinand Wang,

k. k. Forstrath. a. ö. Professor der k. k. Hochschule für Bodencultur in Wien,
Ritter des kais. österr. Franz Joseph-Ordens etc.

Erster Theil.

Mit 25 Abbildungen und 25 Figuren im Texte.



Leipzig
Verlag von S. Hirzel
1901.

Das Recht der Uebersetzung ist vorbehalten.

Dem Andenken

an die unermüdlichen Förderer

der

Wildbachverbauung

in

Oesterreich, Frankreich und in der Schweiz,

Julius Grafen Falkenhayn,

weiland k. k. Ackerbauminister,

Prosper Demontzey,

weiland französischem Generalforst-Inspector,

Elias Landolt,

weiland eidgenössischem Oberforstmeister
und Professor am Züricher Polytechnikum,

Dr. Arthur Freiherren von Seckendorff,

weiland o. ö. Professor der k. k. Hochschule für Bodencultur in Wien,

und

Johann Salzer,

weiland k. k. Ministerial-Rath,

gewidmet vom

Verfasser.

133629

Vorrede.

Der liebenswürdigen Einladung der Verlagsbuchhandlung S. Hirzel in Leipzig folgend, habe ich mich gerne entschlossen, einen „Grundriss der Wildbachverbauung“ zu verfassen, scheint mir doch das Bedürfniss für ein solches Buch in Fachkreisen vorhanden zu sein.

Zwar ist die Literatur über Wildbachverbauung heute bereits eine reichhaltige, doch dürfte die Veröffentlichung dieses Buches namentlich deshalb erwünscht fallen, weil es nach Absicht des Verfassers die Grundzüge der Wildbachverbauung nach jeder Richtung hin behandeln und auch geeignet sein soll, als Nachschlagewerk für die gesammte Fachliteratur zu dienen.

Die Lehre der Wildbachverbauung gründet sich in ihrer heutigen Entwickelung zunächst auf die Erkenntniss aller jener kosmischen und tellurischen Erscheinungen, die auf das Regime der Gewässer von Einfluss sein müssen.

Hiemit im Zusammenhange sind es die Ursachen der Geschiebeführung, die Gesetze des Geschiebetransportes, bezw. der Ablagerung desselben, welche die genannte Lehre, die sich auch mit den wirksamen Gegenmaßregeln zu beschäftigen hat, umfasst.

In dieser Ausgestaltung bildet sie einen ganz speciellen, auf naturwissenschaftlicher Grundlage fußenden Wissenszweig, welcher seine ganz besondere Ergänzung in den Lehren der Forstwissenschaft, dann aber auch der Culturtechnik, sowie des Ingenieurwesens findet.

Dieser Rahmen ist dem Buche gesetzt, welches im vorliegenden ersten Theile die allgemeinen Grundzüge, im folgenden zweiten Theile die Anwendung derselben auf die wirksamen Gegenmaßregeln behandeln soll,

Wenn dabei die Waldfrage in eingehenderer Weise behandelt wurde, so ist dies in ihrer Bedeutung und in dem Umstande begründet, dass diesbezüglich oft ganz entgegengesetzte Anschauungen obwalten.

Möge die vorliegende Arbeit, deren Gelingen gewiss kein leichtes ist, nicht zu strengen Beurtheilern begegnen!

Wenn dieselbe einzelnen Förderern der Wildbachverbauung gewidmet ist, so geschah dies in pietätvoller Anerkennung ihrer Verdienste und der persönlichen Beziehungen zu dem Verfasser wegen. Es soll daher damit keinerlei Schatten auf alle anderen Männer geworfen sein, welche bisher gleichfalls für die Sache gewirkt haben, beziehungsweise für sie noch wirken!

Wien, im November 1901.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichniss.

	Seite
Vorrede	
Einleitung	1
Allgemeiner Theil	7
I. Abschnitt. Charakteristik der Wildbäche	9
Eintheilung der Wildbäche und Gliederung des Niederschlagsgebietes	12
Eintheilung der Wildbäche	12
Gliederung des Niederschlagsgebietes	18
Herkommen des Geschiebes	26
Verwitterung	26
Bergstürze und Steinschläge	31
Gletscher	37
Lawinen	44
Erosion und Corrosion	52
Unterwühlung	59
Murgänge	64
II. Abschnitt. Vegetation und Wirthschaft im Wildbachgebiete	74
Allgemeiner Einfluss der Pflanzendecken auf das Regime der Gewässer	75
Der Wald und dessen Bedeutung im Wildbachgebiete	77
Waldklimafrage	78
Absorption und Retention der Niederschläge durch das Waldland	95
Mechanisches Abflusshinderniss, Verminderung der Geschiebeführung	106
Die Waldwirthschaft im Wildbachgebiete	110
Kahlschlag oder Plenterbetrieb	112
Die Nebennutzungen im Walde, Besitzesverhältnisse, Holztransport, Entwässerung von Waldland und von Gebirgsmooren	115
Die Alpen- und Weidewirthschaft im Wildbachgebiete	121
Das Oedland	130
III. Abschnitt. Die Ursachen der Wasserverheerungen	136
Die Ueberschwemmungen	136
Zunahme der Ueberschwemmungen	136
Ursachen der Ueberschwemmungen	142
Die Wildbachverheerungen und ihre Ursachen	152
Schlussfolgerung über die Ursachen der Ueberschwemmungen und der Wildbachverheerungen	156

Seite
IV. Abschnitt. Die Gesetze der Bewegung des Geschiebes 161
Allgemeine Bewegungsgesetze 162
Die Schleppkraft des Wassers 162
Der Einfluss der Geschiebeführung auf die Bewegung des Wassers . 165
Der Stoß des Wassers auf das Geschiebe und der Widerstand des letzteren 167
Die Grenzgeschwindigkeit des Wassers und dessen Sättigung mit Geschiebe 176
Die Gesetze der Sohlenerosion und die natürliche Entwickelung des Längenprofiles 180
Der Einfluss der Wasserführung auf die Veränderungen in den Querprofilen 195
Die Bildung der Schuttkegel 200
Anhang 208

Berichtigung.

Seite 25, 2. Zeile von unten statt „Terrainfiguration" soll es heissen „Terrainconfiguration".

Seite 49, 18. Zeile von oben statt „eine Breite von 168 Meter" soll es heissen „eine Breite von 168 Metern".

Einleitung.

Das hohe volkswirthschaftliche Interesse, welches sich an Vorbeugungsmaßregeln gegen Wildbachverheerungen knüpft, ließe sich wohl am besten aus der Geschichte der letzteren ableiten.

Mangels genügender verlässlicher Daten ist diese Aufgabe kaum zu lösen.

Trotzdem soll und zwar an der Hand einer kurzen historischen Skizze versucht werden, die Möglichkeit der Beurtheilung jener unermesslichen Werthe zu bieten, welche, es kann wohl gesagt sein, seit Jahrtausenden den Wildbächen zum Opfer fallen.

Auf die Frage, wie lange Wildbäche bestehen und wie lange sie verheerend wirken, lässt sich mit Dr. Paul Lehmann [1]) antworten:

„Seit Wasser von den Bergen ins Thal eilen."

Dieser Anschauung nach reicht die Thätigkeit der Wildbäche in prähistorische Zeiten zurück, was Dr. Lehmann mit den folgenden Worten noch näher zu erörtern sucht:

„Drei Perioden lassen sich in der Geschichte der Wildbäche unterscheiden, von denen die mittlere vermuthlich die friedfertigste war. Je größer die Ungleichheiten des Gefälles im Anfang, während der ersten Periode waren, um so größer musste die Wirkung der Gewässer bei ihrer nivellirenden Tendenz sein. Sie durchsägten die weichen Gesteine, füllten hinter festen Querriegeln große Seen aus und schoben in die großen Becken ihre mehr oder minder regelmäßig ausgeführten Bauten hinaus. Allmählich aber ward der Kampf weniger heftig, das Gefälle glich sich mehr aus und wo Schutt und Eis sich zurückzogen, fasste die Vegetation Fuß.

1) „Die Wildbäche der Alpen"; von Dr. Paul Lehmann. Breslau 1879.

So bekleideten sich die Berge hoch hinauf, und nur ausnahmsweise gingen die Bäche während dieser zweiten Periode von einer regelmäßigen langsamen Thätigkeit zu einer gewaltsamen über. Als der Mensch in die Alpenthäler vordrang, war der Anfang zum Baue vieler Schuttkegel lange gemacht, darauf lässt wenigstens mit ziemlicher Sicherheit der Umstand schließen, dass auf ihnen so viele Ortschaften und zwar nach Annahme Schlagintweits zum Schutze vor Versumpfungen angesiedelt sind. Sicher wäre dies nicht geschehen, wenn man diese Ansiedelungsplätze als besonders bedroht gekannt hätte. Sie waren es in der That auch nicht, so lange der schützende Wald die Abhänge der Berge bedeckte, sie wurden es erst, als der Mensch den von der Natur geschaffenen Schutz zerstörte und so die dritte Periode herbeiführte. Runsen bildeten sich an den Abhängen, die Bäche veränderten ihren Charakter und führten die unter dem Schutze des Waldes in Jahrtausenden gebildete lockere Erde ins Thal, neue Schuttkegel bildeten sich, an alten wurde mit erneuerter Energie zum Schrecken der Thalbewohner weiter gebaut."

Von Vermuthungen, wie solche der vorstehenden Anschauung zu Grunde liegen, abgesehen, lässt sich doch behaupten und feststellen, dass die verheerende Thätigkeit der Wildwässer bis in das graue Alterthum zurückreicht. Die alten Culturvölker standen mit ihnen im Kampfe, wofür mannigfache Anhaltspunkte vollen Beweis liefern.

So stellte man im Alterthum gerne die Flüsse und Ströme als Stiere dar, vermuthlich nur um den Kampf der menschlichen Einsicht mit der wilden Naturkraft zum Ausdrucke zu bringen.

Die schnaubenden Nüstern, der trotzige volle Mund, der stiere Blick, die kraftvolle Breite des aus dem unbeugsamen Nacken scheinbar herauswachsenden Hauptes des Flussgottes drücken die elementaren Gewalten des wilden Bergstromes deutlich aus.

Schon Plato hat im sechsten Buche seiner Gesetze Vorschläge zur unschädlichen Ableitung der Gebirgswässer gemacht und empfohlen, dafür Sorge zu tragen, dass die Gewässer, welche von den Höhen in tiefe Gebirgsschluchten herabstürzen, dem Lande nicht schaden, sondern nützen.

Horaz vergleicht die in der Zukunft gelegene große Unsicherheit, das Zukunftsdunkel, mit den wechselnden, unbeständigen Wogen der Gebirgsbäche und seine Schilderung: „Das Uebrige rollt dahin, einem Strome gleich, der bald ruhig im gewohnten Bette seine Fluthen dem Etruskischen Meere zuführt, bald wüstes

Gerölle, der Bäume entwurzelte Stämme, Herden und der Menschen Behausung mitreißt, — nicht ohne der Berge und des benachbarten Waldes Gebrüll" —, führt die Thätigkeit des Wildbaches recht anschaulich vor Augen.

Auch andere Schriftsteller der Alten, so Livius, erwähnen nicht selten die wilde Gewalt des entfesselten Elementes und die Schwierigkeiten, mit welchen Hannibal auf dem von den Hochwässern der Durance verwüsteten Thalboden zu kämpfen hatte, sind genugsam bekannt.

Uebrigens lassen Ueberreste mächtiger Steindämme in Aegypten darauf schließen, dass auch in diesem Lande die Zurückhaltung des Geschiebes im Alterthum nöthig fiel.

Der Kampf mit den Wildwässern ist sonach, wie schon aus diesen kurzen Bemerkungen hervorgeht, ein alter und ein sich ununterbrochen seit Menschengedenken bis in die jüngste Zeit fortsetzender.

Auch geologische Verhältnisse lassen dies unzweifelhaft erkennen.

Die gewaltige Denudationsarbeit, welche die Wässer namentlich in den Gebirgsländern bisher geleistet haben, liefert hiefür vielleicht den besten Beweis!

Die Alpen, ein verhältnissmäßig noch junges Gebirge, haben schon eine so gewaltige Abtragung erfahren, dass sie nur mehr als die Ruinen ihres früheren Bestandes anzusehen sind. So wird für die Centralalpen angenommen, es sei ihr jetziges Volumen über dem Meeresniveau nur um weniges größer, als das Volumen dessen, was durch Abtragung bereits vernichtet wurde.

Ist diese Annahme nur halbwegs richtig, so ist das Wasser gewiss durch unfassbare Zeiträume hindurch erodirend thätig gewesen, wenn die Erosionswirkung auch in den verschiedenen Zeitperioden eine vielleicht ungleich rasch fortschreitende, eine für die Thalbewohner ungleich gefahrbringende gewesen sein mag. Unzweifelhaft nimmt aber ihre für den Menschen unheilvolle Bedeutung mit dem Fortschritte der Cultur stetig zu.

Dass auch das Mittelalter von durch Wildwässer hervorgerufenen Elementarereignissen heimgesucht und vielleicht nicht seltener heimgesucht wurde, als die Neuzeit, geht aus der Chronik der Ueberschwemmungen hervor, welche Sonklar[2]) in so treff-

2) „Von den Ueberschwemmungen"; von Karl Sonklar, Edlen von Innstaedten, Wien 1883.

licher Weise zusammengestellt hat. Danach und bezüglich Tirol durch alte Aufzeichnungen nachgewiesen, reichen gewaltige, mit Verlust an Menschenleben und an Thieren, sowie an anderen werthvollen Gütern verbundene Wasserfluthen in Tirol bis in das 4. Jahrhundert n. Chr., in Italien bis 585, in Kärnthen und Krain bis 792, in Steiermark bis 1194, in Deutschland bis 1281 n. Chr. zurück.

Und so wie in Tirol, um nur ein Beispiel herauszugreifen, woselbst nachweisbar[3]) große Ueberschwemmungen in den Jahren 1400, 1515, 1520, 1597, 1616, 1728, 1757, 1758, 1762, 1817, 1821, 1839, 1857, 1858, 1882 eintraten, so setzt sich die Reihe der Verheerungen auch in vielen anderen Ländern bis in die neueste Zeit fort. Mag vielleicht auch ihre Heftigkeit entgegen der oft beliebten Annahme nicht besonders zunehmen, ihre Schädlichkeit muss, wie schon betont, eine stets größere werden, denn der Werth der menschlichen Güter ist ein steigender!

Und die Schädlichkeit selbst, sie offenbart sich, wenn erwogen wird, dass unter der Einwirkung der vorgedachten stetigen, erodirenden, transportirenden und ablagernden Thätigkeit der Wässer im allgemeinen und der Wildwässer im besonderen, der Lauf der Flüsse, die Configuration des Bodens, die Vertheilung von Land und Meer, und damit wohl auch, sicherlich wenigstens örtlich, die klimatischen Verhältnisse nicht unwesentliche, zumeist mit Gefahren für den Menschen und seine Culturbestrebungen verbundene Veränderungen erfahren müssen. Wenige Beispiele des gewaltigen, wohl in erster Reihe auf die Thätigkeit der Gebirgswässer zurückzuführenden Geschiebetransportes lassen obige Behauptung gerechtfertigt erscheinen.

Die Rienz soll nach Breitenlohner[4]) am 17. September 1882, d. i. zur Zeit der grossen Hochwasserkatastrophe in Tirol und Kärnthen, durch 24 Stunden, 18000000 Metercentner Sedimente, wasserfrei gedacht, die Drau in Tirol, die Rienz, der Eisack und die Etsch im September und October 1882 zusammen über 1000000000 Metercentner Geschiebe getragen haben, das sind Verhältnisse, wie sie der Mississippi, dessen Delta ca. 320 Km^2 beträgt und der jährlich ca. 130—150 Millionen Cubikmeter Schlamm an seiner Mündung absetzen soll, nicht aufzuweisen hat. Die jährliche

3) „Die Lage Brixens“; Gedenkschrift. Brixen 1882.

4) „Wie Murbrüche entstehen, was sie anrichten, wie man sie bändigt“; von Dr. Jakob Breitenlohner. Wien 1883.

Schlammführung der Rhone wird mit ca. 17 000 000 m³, jene der Donau mit ca. 35 500 000 m³ und jene des Po, welcher von letzterer an Wassermasse um das fünffache übertroffen wird, mit ca. 43 000000 m³ geschätzt. Unter diesen Verhältnissen ist die Thatsache begreiflich, dass das Delta der Rhonemündung jährlich um 16, jenes des Po um 70 m vorrücken. Professor Intze[5]) berichtet, dass in Frankreich durch die Flüsse jährlich düngende Sinkstoffe im Werthe von 30 Mill. Francs in das Meer geführt werden, und dass die Elbe bei Lobositz in Böhmen jährlich 975 Mill. kg. Stoffe theils schwebend, theils gelöst mit sich führt.

Wenn von diesen concreten, augenfälligen Beispielen allgemein geschlossen wird, so muss erkannt werden, dass durch den zumeist im Gebirge seine Grundursachen findenden Geschiebetransport und seine Folgen, bedeutende Flächen Landes unproductiv werden müssen oder doch nicht entsprechend ihrer Bodenbeschaffenheit ausgenützt werden können.

Es überrascht förmlich, wenn Duile[6]) die Flächengröße solcher Landesstrecken in Tirol auf ein Dritttheil der Gesammtfläche des Landes schätzt oder wenn behauptet wird, es habe die „Haute Provence“ in der Zeit vom XV. bis zum XVIII. Jahrhundert die Hälfte ihres Culturlandes auf gedachte Weise verloren.[7])

Einleuchtender sind solche Behauptungen, wenn erwogen wird, dass die Versumpfung vieler ausgedehnter Gebirgsthäler, so des Salzachthales im Oberpinzgau, des Gailthales in Kärnthen und anderer Thäler, mit Recht auf die Thätigkeit der Wildbäche zurückzuführen ist.

Selbstverständlich muss dieser so hervorgerufene Entgang an culturfähigem Boden um so mehr auf die allgemeinen Landesverhältnisse, ja auf die Verhältnisse ganzer Staaten zurückwirken, als zu dem gemeinten Schaden noch mitunter ganz enorme Beschädigungen an Communicationen aller Art, an Baulichkeiten

---

5) „Ursachen und Folgen der jähen Ueberschwemmungen und die Mittel zu deren Beseitigung unter besonderer Berücksichtigung der Stauweiher, Thalsperren als Reserven für Bewässerungen und Kraftanlagen“; von Christov Seiler. München und Leipzig 1899.

6) „Ueber Verbauung der Wildbäche in Gebirgsländern“; von Josef Duile. Innsbruck 1826.

7) „La Provence au point de vue des inondations avant et après 1789“ von Ribbe, bezw. „Die Wildbäche der Alpen“; von Dr. Paul Lehmann“.

u. s. w. hinzuzurechnen sind. So wird es begreiflich, wenn Ule[8]) schreibt: „Diese zerstörende Thätigkeit der Gebirgsströme in den französischen Alpen ist für den Geschichtschreiber eine der merkwürdigsten Erscheinungen, da sie ihn die Ursachen beweisen lässt, welche die Entvölkerung mancher Landstriche Syriens, Griechenlands, Kleinasiens, Afrikas und Spaniens herbeigeführt haben. In den 305 Jahren von 1471—1776 hatten die Departements der Hoch- und Niederalpen den dritten Theil, die Hälfte und sogar drei Viertheile ihrer Culturgründe verloren. Von 1863—1866 hat sich die Bevölkerung dieser beiden Departements um 25000 Köpfe, d. i. nahezu um ein Zehntheil vermindert."

Wenn schließlich noch auf jene großen Katastrophen hingewiesen wird, von welchen Oesterreich im Jahre 1882 zweimal, dann in rascher Folge in den Jahren 1897 und 1899 Oesterreich, sowie Theile des deutschen Reiches, so namentlich Schlesien, Sachsen heimgesucht wurden, so geschieht dies, um der Behauptung noch mehr Nachdruck zu geben, dass es Pflicht eines jeden Einzelnen, Pflicht eines jeden Landes, Staates ist, das Seinige zur Bekämpfung des gemeinsamen Feindes beizutragen. Wissenschaft und Erfahrung bieten hiezu wahrlich, wie dies in den folgenden Abschnitten dargelegt werden soll, der Mittel genug.

8) „Die Erde und die Erscheinungen ihrer Oberfläche"; von Dr. Otto Ule. Braunschweig 1892.

Allgemeiner Theil.

I.

Charakteristik der Wildbäche.

Aus naheliegenden Gründen ist es nicht leicht möglich, mit kurzen Worten eine allgemein geltende, sich allen Verhältnissen anschmiegende und dabei doch erschöpfende Charakteristik der Wildbäche aufzustellen. Zeigen schon oft die Bäche der Alpen je nach den geognostischen, oro- und hydrographischen, dann wirthschaftlichen Verhältnissen der Niederschlagsgebiete wesentlich von einander verschiedene Charaktere auf, so müssen sowohl der Bach des Mittelgebirges, als auch der Bach der Niederung, wenn zum Wildwasser geworden, ganz besondere unterscheidende Merkmale an sich tragen.

Ein meist in verhältnissmäßig kurzen, mehr oder minder steilen Rinnsalen fließendes, rasch anschwellendes Gewässer, welches, durch verschiedene Umstände veranlasst, seine Ufer, seine Sohle in Bewegung setzt, Materiale, d. i. Gerölle thalabwärts führt und dieses an gewissen Oertlichkeiten, und zwar in der Regel schadenbringend ablagert, das ist ein „Wildbach“, welch' letztere Bezeichnung allen jenen Gewässern, die mit Recht in diese Kategorie eingereiht werden, für sich schon einen gewissen, sie vielleicht kurz am besten kennzeichnenden Stempel aufdrückt.

Nicht ununterbrochen, wenigstens nicht sichtlich ununterbrochen, kann der Wildbach in vorbeschriebener Weise thätig sein. Nur bei gewissen Anlässen führt er, dann aber gewöhnlich mit außerordentlicher Vehemenz große Wassermassen zu Thale, und es ist diese plötzliche Entfesselung als eine seiner wesentlichsten Eigenschaften anzusehen.

Muss schon die plötzliche oder doch sehr rasche Zufuhr großer Wassermassen Unzukömmlichkeiten und Gefahren aller Art mit sich bringen, wie groß müssen diese erst werden, wenn

dem entfesselten Elemente, wie dies zumeist der Fall, Schotter, Gerölle, entwurzelte Bäume u. dgl. m. beigemengt sind, wenn die weitere Eigenschaft des Wildbaches, die besondere Geschiebeführung zutrifft!

Jeder Entfesselung, die als ein im gewissen Sinne krankhafter Zustand des Wasserlaufes anzusehen ist, muss verhältnissmäßig rasch wieder ein Zustand der Ruhe folgen, denn mit der Abnahme des Wassers erlahmt die Kraft des empörten Elementes, und unbekümmert um die Oertlichkeit sinkt die mitgeführte Last, welche der normale, gesunde Wasserlauf nicht mehr zu bewegen vermag. Die rasche Entfesselung, die Zufuhr von großen Wasser- und Geschiebemassen, dann die in der Regel gefahrvolle Ablagerung der letzteren, das sind sonach Eigenschaften, welche den Wildwässern unter allen Umständen zukommen.

Auch größere Gewässer, die man füglich nicht als Bäche bezeichnen kann, besitzen diese vorgenannten Eigenschaften, doch darf nicht übersehen werden, dass sie dieselben den Wildbächen verdanken, aus welchen sie sich zusammensetzen.

Es sind dies die wildbachartigen Flüsse, welche schon Fabre[9]) und Surell[10]) von den eigentlichen Wildbächen geschieden hat. Ersterer nennt sie „torrents rivières", letzterer „rivières torrentielles" zum Unterschied von „torrents", den Wildbächen. Ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden dürfte wohl darin zu suchen sein, dass die eigentlichen Wildbäche mit verhältnissmäßig kurzem Laufe und steilem Gefälle vorherrschend die Tendenz zeigen, ihre Sohle zu vertiefen, zu kolken, während die wildbachartigen Flüsse mit verhältnissmäßig längerem Laufe und geringerem Gefälle den Charakter des Flusses an sich tragen, d. h. ihr Bett vorherrschend zu erhöhen trachten und sich entweder gar nicht oder doch nur in geringem Maße und auf kurzen Strecken kolkend verhalten. Sie gehören jener Kategorie an, welche Studer[11]) als die Gebirgsströme bezeichnet, das sind Gewässer, welche sich aus mehreren Wildbächen zusammensetzen, durch größere Wassermassen und auch überdies noch dadurch kenn-

---

9) „Essai sur la théorie des torrents et des rivières"; von Fabre. Paris 1797.

10) „Etude sur les torrents des Hautes-Alpes"; von Alexander Surell. Paris 1842.

11) Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie"; von B. Studer. Bern 1847.

zeichnen, dass sie zumeist in größeren Thälern fließen. Naturgemäß wird es in einzelnen Fällen ganz und gar von den localen Verhältnissen abhängen, ob dem Gewässer noch der Charakter des Wildbaches oder schon jener des Flusses zugesprochen werden soll.

Von den Wildbächen sind weiter jene bachartigen Wasserläufe zu trennen, denen füglich der Charakter der ersteren nicht zugesprochen werden kann. So hat denn auch schon Surell[10]) die gewöhnlichen Bäche „ruisseaux“ von den Wildbächen „torrents“ geschieden. Auch Seckendorff[12]) bezeichnet als „Gießbäche“ solche Bäche, die meist über festes Gestein herabstürzen, häufig Wasserfälle bilden und selten außer Wasser-, noch Erd- und Schuttmassen mit sich führen. Die Behauptung Seckendorffs aber, dass Gießbäche niemals zu Wildbächen werden können, ist in so allgemeiner Fassung nicht zutreffend, denn so mancher der heute wüthenden Wildbäche wäre vor vielleicht nicht geraumer Zeit den Gießbächen zuzuzählen gewesen. Die gleiche Anschauung spricht auch Koch[13]) aus und fügt hinzu, dass mit der Zeit aus jedem „aufwühlenden“ Wildbache ein sogenannter „Gießbach“ im Sinne der Franzosen und Seckendorffs werden muss, sobald aus den Bergen aller Schutt weggeführt und nur der glatte Fels zurückgeblieben ist, wie denn überhaupt eine große Katastrophe alle schönen Systeme und Classificationsversuche über den Haufen werfen kann.

Es hat eine gewisse Berechtigung, wenn Demontzey[14]) die Runsen oder die Wasserrisse (ravins) von den Wildbächen und Bächen trennt, denn es sind das zumeist ganz kurze, trockene, steil verlaufende, und wenn so gesagt werden darf, zur Existenz nicht berechtigte Erosionsrinnen, die nur bei größeren Niederschlägen und dann auch gewöhnlich nicht sehr wasserführend werden, die sich aber allerdings in der Folge zu Wildbächen ausbilden können und deshalb in der Verbauung eine sehr wesentliche Rolle spielen.

---

12) „Verbauung der Wildbäche, Aufforstung und Berasung der Gebirgsgründe“; von A. Freiherrn von Seckendorff. Wien 1884.

13) „Die Ursachen der Hochwasserkatastrophen in den Südalpen“; von Dr. Gustav Adolf Koch. Separatabdruck aus der Zeitschrift des deutschen und öster. Alpenvereines. 1883.

14) „Traité pratique du reboisement et du gazonnement des montagnes“; von Prosper Demontzey. Paris 1878. In deutscher Uebersetzung von A. Freiherrn von Seckendorff. Wien 1880.

Eintheilung der Wildbäche und Gliederung des Niederschlagsgebietes.

Eintheilung der Wildbäche.

Die vorstehende allgemeine Charakteristik der Wildbäche erfährt eine wesentliche Ergänzung, wenn die von den einzelnen Autoren getroffene Eintheilung berücksichtigt wird.

Josef Duile, der Altmeister der Wildbachverbauung in Tirol, theilt die Wildbäche in dem bereits bezogenen Werke[6]) u. zw. basirend auf die Verhältnisse seiner Heimath wie folgt ein:

1. In solche, die ununterbrochen das ganze Jahr hindurch fließen; sie werden entweder von immerwährend thätigen Quellen oder von Seen und Gletschern gespeist.

2. In solche, welche erst beim Eintreten der wärmeren Witterung auftreten und mit der kälteren Witterung zu versiegen beginnen; ihnen gibt die Wärme, welche den auf den Gebirgen angehäuften und zum Theil in Eis übergegangenen Schnee auflöst, ihr Entstehen; ihre Wassermasse steht daher immer im Verhältnisse mit dem stattgehabten Wärmegrade in den Sommermonaten und der den Winter hindurch gefallenen Masse des Schnees auf den Gebirgen.

3. In solche, die erst bei länger andauerndem warmen Winde, ausserordentlich warmen Regen, bei Hagel oder Wolkenbrüchen entstehen.

So sehr nützlich, sagt Duile, die Wildbäche der zwei ersten Kategorien unter gewöhnlichen Verhältnissen dem Menschen durch fruchtbare Bewässerung der Fluren etc. werden können, so schädlich müssen sie, in tosende Wildbäche umgewandelt, sich erweisen. Da die Ursachen des Entstehens der Wildbäche der dritten Ordnung zumeist nur in einzelnen Gegenden vorliegen, so sind die Verheerungen auch in den meisten Fällen nur partiell. Selbstverständlich werden aber durch diese Ursachen auch die Bäche der ersten zwei Ordnungen in verheerende Wildwässer verwandelt.

Von einem ganz anderen Gesichtspunkte geht Surell[10]) bei der Eintheilung aus. Er unterscheidet je nach der Lage des Aufnahmsbeckens:

1. Wildbäche, die von einem Sattel ausgehen und in ein eigentliches Thal fließen.

2. Wildbäche, die von einem Gebirgskamme ausgehen und in der Linie des stärksten Gefälles herabstürzen.

3. Wildbäche, deren Ursprung unterhalb des Gebirgskammes und auf den Abhängen gelegen ist.

Scipion Gras[15]) dagegen unterscheidet je nach Art und Ausdehnung des oberen Bachgebietes kleine, mittlere und große Wildbäche. Es ist das eine Eintheilung, wie sie ähnlich auch Costa de Bastelica[16]) getroffen hat, welcher einfache Wildbäche „torrents simples“ mit nur einer Schlucht und zusammengesetzte Wildbäche „torrents composés“ mit zwei oder mehreren Schluchten unterscheidet. Der Wildbach „de Pontis“, Abbildung Nr. 1, und das Thal „d'Astan“, Abbildung Nr. 2 veranschaulichen diese beiden Wildbacharten. Demontzey[14]) hat denselben noch eine dritte, den sogenannten „muschelförmigen Ausriss“ „la combe“ beigefügt, das ist der allenthalben zu beobachtende einfache Terrainbruch, welcher mitunter, bei nachträglich sich fühlbar machender Erosionswirkung, große Dimensionen annehmen kann, wie dies aus Abbildung Nr. 16, Seite 57, zu ersehen ist.

Demontzey stellt jedoch im übrigen die von ihm getroffene Unterscheidung der Wildbäche auf eine ganz andere Grundlage. Er trennt diese in zwei große Kategorien, von welcher die erste jene Wildbäche umfasst, deren Schuttmassen lediglich von der Unterwühlung der Gebirgshänge herrühren. Er nennt diese Bäche „torrents à affouillements.“ Dagegen gehören der zweiten Kategorie alle jene Wildbäche an, die vorwiegend Verwitterungsproducte führen oder die von Gletschern gespeist werden; er nennt sie „torrents à casses“ bezw. „torrents glaciaires.“

Eine ähnliche Eintheilung trifft Suda[17]), welcher gestützt auf die Verhältnisse Kärnthens, Gletscherbäche, Bäche der Schutthalden und unterwühlende Wildbäche unterscheidet. Bezüglich der Gletscherbäche ist Suda der Anschauung, dass sie sich im allgemeinen weniger gefährlich zeigen, weil sie einerseits in weniger werthvollem Boden fließen und jährlich wiederkehrende, vom Regen ganz unabhängige, einen Monat und auch länger anhaltende Ueberschwemmungsperioden aufweisen, durch welche sie regelmäßig in die Lage kommen, den sich mittlerweile ansam-

15) „Etudes sur les torrents des Hautes-Alpes“; von Scipion Gras. Annales des ponts et chaussées. Paris 1857.

16) „Les torrents, leurs lois et leurs effets“; von Costa de Bastelica. Paris 1874.

17) „Ueber die Wildbäche Kärnthens“; von Franz Suda. Manuskript.

melnden Schutt ungefährlich abzuführen, sowie auch alljährlich ihr Gebiet gänzlich zu occupiren, so dass es dem Menschen nicht einfällt, sich auch nur theilweise dieses Gebietes zu seinen Zwecken zu bemächtigen. Die Bäche der Schutthalden nennt



Abbildung Nr. 1.
Gesammtansicht des Wildbaches „de Pontis". Französische Hoch-Pyrenäen.
Aus dem Prachtwerke von Eugène de Gayffier: „Reboisement et Gazonnement des montagnes".

Suda jene meist aus Kalkgebirgen kommenden Wildbäche, die vorwiegend Verwitterungsproducte führen. Die unterwühlenden Wildbäche nach Suda fallen mit jenen der 1. Kategorie nach Demontzey zusammen, nur trennt ersterer sie in zwei Unter-

arten, in solche, die vorwiegend im anstehenden Gestein und solche, die vorwiegend im Glacial-Schutte wühlen. In einer im Jahre 1900 erschienenen Schrift theilt Kuss[18]) die Gletscherbäche, „torrents glaciaires", in „torrents glaciaires simples" und in „torrents glaciaires composés", je nachdem sich das Gletscherende nahe der Sohle des Hauptthales oder aber noch in ansehnlicher Höhe über derselben befindet, in welch' letzterem Falle das Gletscher-



Abbildung Nr. 2. Gesammtansicht des Thales von „d'Astan." Haute-Garonne.
Aus dem Prachtwerke von Eugène de Gayffier: „Reboisement et Gazonnement des montagnes".

wasser noch über die Hänge zu fließen gezwungen ist, sich daher noch durch Zuzüge vergrößern und so viel schädlicher wirken kann.

Noch sei der Eintheilung von Schindler[19]) gedacht, welcher unterscheidet:

1. eigentliche Wildbäche mit größerer und beständiger Wasserführung,
2. kürzere, steilere, sich nur bei Schlagwettern (Hagel, Wolkenbrüchen) als Wildbäche bemerkbar machende Wasserläufe;

18) „Les torrents glaciaires"; von M. Kuss. Paris 1900.

19) „Die Wildbach- und Flussverbauung nach den Gesetzen der Natur"; von A. Schindler. Zürich 1889.

3. tiefe, steile Rinnen mit eingebetteten Colossalblöcken;
4. Rinnen mit unbedeutendem Gefälle, theilweise erheblicher Breite und einer gründlichen Geröll- und Schlammtiefe, dann bedeutendem Bruchgebiete.

Basirend auf speciell österreichische Verhältnisse hat Salzer[20]) die Wildbäche in zwei große Gruppen getrennt, in die Wildbäche der Alpen und in jene der Berg- und Hügelländer, welch' letzteren er Böhmen, Mähren, Schlesien, Galizien und die Bukowina zuzählt. Die Wildbäche der Alpen werden in solche geschieden, die vorwiegend unterwühlen und in solche, die vorwiegend Verwitterungsproducte führen. Zu den letzteren werden ausschließlich die Wildbäche der Kalkalpen gezählt. Die Wildbäche des Berg- und Hügellandes, das sind vor allem die Wildbäche der Karpathen, Beskiden, Sudeten, mit vorwiegend mäßigem Gefälle, haben brüchige Stellen zumeist nur in den höheren Lagen, weisen im Unterlaufe vorherrschend Uferbrüche im Diluvium auf und zeichnen sich besonders durch Zufuhr großer Wassermassen aus. Von den Wildbächen der Alpen sind sie zudem noch oft dadurch unterschieden, dass bei ihnen, und es wird darauf zurückgekommen werden, die Gebiete der Materialbeschaffung und der Materialablagerung nicht so scharf getrennt sind, wie in der Regel bei den ersteren.

Eine ähnliche Eintheilung und zwar basirend offenbar auf die Verhältnisse der Schweiz, hat Landolt[21]) getroffen, welcher Bäche des Hochgebirges, des Hügellandes und der Ebene unterscheidet. Bezüglich der zweiten äußert er sich dahin, dass dieselben wohl ähnliche Erscheinungen wie die ersten zeigen, dass alle Veränderungen aber langsamer und im kleineren Maßstabe vor sich gehen. Tiefe Schluchten, Runsen, sowie hohe Schuttkegel kommen bei ihnen selten vor. Die Bäche der Ebene sind zahm, schaden nur ausnahmsweise durch Sohlenvertiefung und Uferunterwaschung.

Es ist sicher, dass alle vorstehend namhaft gemachten Eintheilungen gewisser Berechtigung nicht entbehren. Doch sind

---

20) „Ueber den Stand der Wildbachverbauung in Oesterreich"; von Johann Salzer. Wien 1886.

21) „Die Bäche, Schneelawinen und Steinschläge und die Mittel zur Verminderung der Schädigung durch dieselben"; von Elias Landolt. Zürich 1887.

jene von Surell, Costa de Bastelica, Scipion Gras, Schindler und selbst von Duile deshalb von untergeordneter Bedeutung, weil an ihrer Hand nicht sofort auf den markanten Bachcharakter geschlossen werden kann.

Wesentlich größeren Werth haben dagegen die Eintheilungen nach Demontzey, Suda und Salzer, weil sie sich auf Verhältnisse stützen, welche für den Bachcharakter in erster Linie maßgebend sind und welche von vornherein für die Wahl des Verbauungssystemes bestimmend sein müssen. Demontzey gebührt das Verdienst, als Erster eine solche Grundlage für die Eintheilung aufgestellt zu haben. Dass er die sogenannten Gletscherbäche zu den vorwiegend Verwitterungsproducte führenden Wildbächen zählt und Suda sie ganz isolirt, ist insofern nicht gerechtfertigt, als sie in nicht seltenen Fällen, und die geognostischen Verhältnisse sind dann vorwiegend ausschlaggebend, zu den vorwiegend unterwühlenden Bächen gezählt werden können, und als der Umstand allein, dass sie von Gletschern gespeist werden, für die Wahl des Verbauungssystemes nicht maßgebend sein kann.

Die Untertheilung der unterwühlenden Bäche nach Suda in solche, die im anstehenden Gestein und solche die vorwiegend im Glacialschutte wühlen, ist dagegen deshalb vollkommen gerechtfertigt, weil das Vorkommen des letzteren für den Grad der Bösartigkeit des Wildbaches zumeist sehr ausschlaggebend ist.

Einen großen Vorzug verdient die Eintheilung nach Salzer und zwar nicht allein in Bezug auf österreichische, sondern vielleicht auf die gesammten mitteleuropäischen Verhältnisse deshalb, weil durch sie der jeweilige Bachcharakter in noch weit höherem Maße präcisirt wird.

Dass sich nur die Wildbäche der Kalkalpen durch vorwiegende Führung von Verwitterungsproducten auszeichnen, ist allerdings nicht ganz zutreffend, denn es kann dies, wenn auch zugegeben werden muss seltener, bei den Bächen des krystallinischen Massen- und des Schiefergebirges der Fall sein.

Eigenartig sind die unterirdischen, mitunter auch wildbachartigen Wasserläufe des an Höhlen reichen Karstgebirges, doch müssen sie von vornherein schon deshalb von allen andern getrennt werden, weil bei ihnen von einer Wildbachverbauung im strengen Sinne des Wortes nicht die Rede sein kann.

Gliederung des Niederschlagsgebietes.

Es ist begreiflicher Weise nicht leicht thunlich, hinsichtlich der Gliederung des Niederschlagsgebietes, der Eintheilung des Verlaufes der Bäche, allgemein giltige Normen aufzustellen.

Behauptet kann werden, dass die Verhältnisse der Thalbildung in den Kalkalpen wesentlich verworrener sind, als jene im Urgebirge, beispielsweise auf der Kette der Centralalpen. Diese Verworrenheit der Thalbildung, welche in den höheren Gegenden in völlige Unbestimmtheit ausartet, ist sogar ein charakteristischer Zug der höhern Kalkalpenwelt.

Die Bäche der Alpen zeigen im großen und ganzen anders geformte Niederschlagsgebiete und auch anderen charakteristischen Verlauf, als jene des Berg- und Hügellandes, oder gar jene der Niederung. Die unterirdischen Kalkgebirgsbäche sind überhaupt von jeder derartigen Eintheilung auszuschließen.

Von weiterem Gesichtspunkte aus betrachtet, lassen sich das Niederschlagsgebiet eines Wildbaches und damit im Zusammenhange sein Verlauf in drei mehr oder minder ausgeprägt hervortretende Theile trennen.

Schon Duile[6]), Surell[10]), Costa de Bastelica[16]), Demontzey[14]), Lehmann[1]), haben in den benannten Werken, dann aber auch Culmann[22]), Graf[23]), Kovatsch[24]), Förster[25]), Kreuter[26]), diese Eintheilung getroffen. Es hat einen gewissen Werth, sie kurz anzugeben, weil hiemit nebenher auf manche Eigenthümlichkeiten der Wasserläufe und Auffassung der einzelnen Autoren aufmerksam gemacht wird.

Duile unterscheidet das „Sammelbecken", dann den „Tobel" oder die „Klamm" und das „Ablagerungsgebiet" oder „Ausgussbett".

---

22) „Bericht an den schweizerischen Bundesrath über die Untersuchung der schweizerischen Wildbäche vorgenommen in den Jahren 1858, 1859, 1860, 1863"; von Culmann. Zürich 1864.

23) „Waldverwüstung und Murbrüche"; von Edmund Graf, Wien 1879.

24) „Das obere Fellagebiet im Canalthale in Kärnthen und die dortigen Wasserbauten"; von Martin Kovatsch.

25) „Das forstliche Transportwesen"; von G. R. Förster. Wien 1885.

26) „Verbauung der Wildbäche"; von Fr. Kreuter. Handbuch der Ingenieurwissenschaften. 3. Band. 2. Abth. 1. Hälfte. Dritte Auflage. Leipzig 1899.

Seine eigenen Worte, aus welchen diese Gliederung nicht unschwer zu entnehmen ist, und welche die einzelnen Theile des Wildbaches charakterisiren, heißen:

„Man denke sich nur enge, auch bis 12 Stunden lange Thäler, eingeschlossen von hohen, steilen Gebirgen, deren Kronen vielfach mit ewigem Eise bedeckt sind, und welche da, wo sich das Thal schließt, das ist im Hintergrunde, öfters Trichter von ungeheuerer Ausdehnung bilden und nicht selten an Ferner grenzen; man denke sich weiter diese Gebirge vielfältig verwittert, die Felsmassen, aus denen sie bestehen, noch locker, unzusammenhängend, ihre jäh sich gegen das Thal abdachenden Flächen der sie schützenden Decke vielfältig beraubt, das Gefälle des Thales selbst bis zur Ausmündung äußerst groß; welche Verwüstungen müssen dann wohl in solchen Thälern erfolgen, wenn Schnee, Eis in den Schluchten jahrelang verborgen liegend, auf einmal schmelzen; wenn bei andauerndem, warmem Regen die große Wassermasse in die schon damit gesättigten steilen Flächen nicht mehr eindringen kann, sondern mit Gewalt sich über dieselben und über Felsen herabstürzt, Schotter, lockere Erde, entwurzelte Bäume, Felsenstücke und Steine in das tiefe Thal fortreißt; wenn hier dann das sich sammelnde Wasser diese schrecklichen Massen unter fürchterlichem Getöse mit sich fortwälzt, bis es dieselben da, wo das Gefälle sich mindert, das Thal sich erweitert, daher das Wasser an Kraft abnimmt, liegen lässt!“

Aehnlich unterscheidet Surell das Aufnahmsbecken, „bassin de réception“, den Abflusscanal, „canal d'écoulement“ und das Ablagerungsgebiet, „lit de déjection“. In Abbildung Nr. 1, Seite 14, sind diese drei Theile deutlich zu erkennen. Während im Aufnahmsbecken die Wasser vorwiegend unterwühlen, im Ablagerungsgebiete vorwiegend ablagern, ist nach Surell im mittleren Gebiete, im Abflusscanal, eine wesentliche Thätigkeit der Wildwasser nicht zu constatiren, das Gebiet also im gewissen Sinne als neutral zu bezeichnen. Dieser Abflusscanal wird von Bastelica als Schlucht, „gorge“, von Culmann als „Sammelcanal“ bezeichnet. Demontzey, der für das Ablagerungsgebiet die Bezeichnung „cône de déjection“, Schuttkegel, wählt, acceptirt die Bezeichnung „gorge“ und bemerkt, dass dieselbe, rudimentär wenigstens, bei jedem Wildbache vorkommt. Dagegen ist er mit der Surell'schen Charakterisirung insofern und auch wohl mit Recht nicht einverstanden, als sich die Ablagerung seiner Erfahrung nach auch theilweise innerhalb der

Schlucht, oder mitunter selbst die ganze Schlucht hindurch vollziehen kann.

Lehmann, der die Bezeichnung „Schuttkegel" „Sammelgebiet" „Sammelcanal" gebraucht, scheint innerhalb der beiden letzteren die Neigung des Wassers zur Sohlenvertiefung, Kolkung, zu erkennen.

Er sagt: „Noch mannigfacher wie bei den Schuttkegeln, sind die Erscheinungen im Sammelgebiete und im Sammelcanal der Wildbäche; doch treten uns überall, am Gletscherbache wie an der öden Rüfe, die nur bei Regenwetter geht, ein starkes Gefälle, steile Ufer und infolgedessen die Neigung des Wassers zur Sohlenvertiefung, Kolkung, als bezeichnende Merkmale entgegen"[27]).

Graf schließt sich der Duile'schen Eintheilung vollkommen an. Kovatsch erkennt, ganz in Uebereinstimmung mit Surell, drei Zonen:

Die Zone des absoluten Abtrages, den obersten Theil des Wildbaches umfassend; die Zone des absoluten Auftrages im untersten, und die Zone der Nullarbeit, im mittlern Verlaufe des Wildbaches. Kovatsch bemerkt hiezu, dass die Zone der Nullarbeit dann als die für die Verbauung tauglichste angesehen werden müsse, wenn das Uebel nicht am Ursprunge behoben werden könne.

Förster spricht nur ganz oberflächlich vom „Schuttkegel", vom „Sammel- oder Einzugsgebiet" und vom „Durchflussgebiete."

Nach Kreuter hat der Bach im „Oberlaufe" Ueberfluss an Schleppkraft; Ausnagung herrscht vor. Im „Mittellaufe" ist der Bach mit Geschiebe beladen; er vermag sich nicht mehr in den Boden einzuschneiden, sondern es findet hier eine wilde, unregelmäßige Geschiebeführung statt. Sand und Geschiebe schleifen die etwa vorhandenen Felswände ab, die Entwickelung der Thalverbreiterung ist gegeben. Aus dem Thale mit verbreitertem Grunde

27) Lehmann verweist auf die Schrift Streffleurs, „Ueber die Ursachen und Wirkungen der Wildbäche" (Sitzungsberichte der kaisl. Akademie der Wissenschaften math. naturw. Classe, Band 8, Wien 1852), welcher den Wildbach mit einem Trichter vergleicht und „Becken", „Röhre" und „Ausguss" unterscheidet. In einer Abhandlung von Koch: „Ueber Murbrüche in Tyrol" (Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, Band 25, Wien 1875), wird diese Eintheilung acceptirt, dagegen für unrichtig gehalten, dass Streffleur den Ausdruck „Murre", „Giess" oder „Schwemmkegel" auf den Schuttkegel anwende.

tritt der geschiebebeladene Bach in das Hauptthal, und lagert hier seinen Schutt in Gestalt eines Kegels ab.

In der italienischen Literatur[28]) findet sich eine Scheidung in vier Theile, welche späterhin auch von Landolt und Thiéry getroffen wurde.

Landolt[21]) unterscheidet an den größeren Bächen des Hochgebirges in der Regel die folgenden vier, von einander abweichenden Partien und zwar

1. das Sammel- oder Einzugsgebiet, gewöhnlich von einer großen Zahl von Zweigen des Hauptbaches durchschnitten. Es fällt im Hochgebirge auf die als Weide benutzte obere Terrasse, beziehungsweise in die unwirthlichen Gegenden (Felspartien, Gletscher oder Schneefelder), in den Vorbergen in die obere Waldregion. Die einzelnen Zweige der Bäche sind, wenn nicht von Quellen, Gletschern, Schneefeldern gespeist, in der Regel wasserarm, oft sogar trocken, füllen sich aber bei Schneeschmelze, Gewittern u. s. w. rasch und führen dann den Runsen und Schluchten im Erosionsgebiete große Wassermassen und Geschiebemengen zu. In der Regel liegen die sich oben oder in der Schlucht zu einem Bache vereinigenden Gräben in einer weiten Mulde.

2. Das Erosions- oder Auswaschungsgebiet, in dem der Hauptbach nicht selten auch noch Seitenbäche aufnimmt. Es befindet sich zum größten Theile in der Waldregion, weil die steilsten Partien der Hänge dieser angehören sollen. Hier fließt das Wasser durch enge, tief eingeschnittene Runsen, deren Einhänge häufig „verrutscht“ und unproductiv sind, und nimmt den größten Theil des Materials auf, welches bis in das Thal befördert wird und dort den Schuttkegel bildet. In Abbildung Nr. 3, Seite 22, sind das oberste Einzugs- und der oberste Gürtel des Erosionsgebietes im Wildbache „de Rif-fol“ ersichtlich.

3. Den Schuttkegel, das Gebiet der Ablagerung, in dem das Bachbett höher liegt, als das den Schuttkegel begrenzende Culturland.

4. Die Bachstrecke im Thale, die je nach den Gefällsverhältnissen sehr verschieden gestaltet ist, oft auch ganz fehlt, und nicht selten zu Versumpfungen Veranlassung geben kann.

---

28) I torrenti delle Alpi ed i mezzi diretti alla loro difesa. Milano 1859.

Eine Eintheilung in vier Theile trifft auch Thiéry[29]). Aus der obersten Region „Bassin de réception“ stammen die geführten Wasser und Materialmassen. Sie hat oft die Form eines weiten Trichters, so zwar, dass sich die von der Oberfläche herablangenden Wasser rasch in einem Punkte concentrirt finden. Abwärts des Trichters beginnt die enge Schlucht, der Hals, mit steilen, von Runsen durchfurchten, in ihren Füßen vom Wasser unterwühlten Böschungen, die dem Bache große Mengen Materiales verschiede-



Abbildung Nr. 3. Oberes Einzugsgebiet des Wildbaches „de Rif-fol“. Isère.
Aus dem Prachtwerke von Eugène de Gayffier: „Reboisement et Gazonnement des montagnes“.

ner Größe liefern können. Als Fortsetzung des erwähnten Halses erscheint weiter der Abflusscanal „Canal d'écoulement“, die Region, welche nach Surell als neutral bezeichnet werden kann. Die übrigen zwei Theile sind als „lit de déjection“ und „lit d'écoulement benannt, und sind mit den beiden letzten, von Landolt unterschiedenen Theilen identisch. Fehlt der erstere, der Schuttkegel, so erscheint der letztere, die Thalstrecke, bis zum Abflusscanale

29) „Restauration des montagnes, correction des torrents, reboisement“ von F. Thiéry. Paris 1891.

verlängert. Im Gegenfalle kann die eigentliche Thalstrecke, wie dies namentlich bei engen Thälern vorkommt, ganz fehlen.

Der Vollständigkeit wegen ist zu bemerken, dass Thiéry das Aufnahmsgebiet selbst, im Sinne der von Scipion Gras[15]) getroffenen Eintheilung, nach vier charakteristischen Typen trennt.

Der ersten Type gehören jene Gebiete an, die von steilen, vielfach durchfurchten, oft viele hundert Meter hohen Felsen umrahmt sind. Die Möglichkeit des raschen Sammelns der Gewässer, wie nicht minder der sich stetig fortsetzende, den Thälern Material in großen Mengen liefernde Verwitterungsprocess, lassen derartige Wildbäche gefährlich erscheinen.

Die Aufnahmsgebiete der zweiten Type liegen in leicht verwitterbarem Boden, zeigen immer die Form eines durch einen Hals geschlossenen Trichters und haben, wenn kahl, stets das Bestreben, sich durch Einsturz der Wandungen zu vergrößern. Die Aufnahmsgebiete der dritten Type vereinigen die Charaktere der beiden vorhergehenden. Sie bestehen aus nackten Felsen, an deren Fuße die Wasser in leicht verwitterbarem Gesteine eine Vertiefung, ähnlich dem Trichter der vorhergehenden Type, ausgehöhlt haben. Auch Wildbäche dieser Type werden als sehr gefährlich bezeichnet. Die Wildbäche der vierten Type zeigen ein hochgelegenes, im allgemeinen von einem Gebirgspass ausgehendes Thal, in welches secundäre Wildwässer münden. Die letzteren haben jedes ein verschiedenes, einer der vorhergehenden Typen angehöriges Aufnahmsgebiet und sind durch einen gemeinsamen Schlauch verbunden. Die Eintheilung ist übrigens in Uebereinstimmung mit jener von Scipion Gras[15]) in „Kleine Wildbäche“, Type 1, mit oft nur wenige Hectare großem Aufnahmsgebiete; „Mittlere Wildbäche“ Type 2 und 3, mit Hunderten von Hectaren messenden Aufnahmsgebieten, charakteristisch für die zumeist trockenen, oder doch nur wenig wasserführenden Wildbäche der Alpen, und „Große Wildbäche“, Type 4, (Torrents composés nach Costa de Bastelica[16]), deren Aufnahmsgebiet oft tausende von Hectaren misst.

In der ziemlichen Uebereinstimmung der diesbezüglichen Anschauungen, wie sie in der Literatur maßgebender Staaten, wie Frankreich, Schweiz, Italien, hervortreten, liegt ein gewisser akademischer Werth, aber mehr ist darin wohl nicht zu suchen. Keine der hier angeführten Eintheilungen bildet etwas unverrückbar Feststehendes und keine ist geeignet, Winke für die Praxis

der Wildbachverbauung zu geben. In letzterer Hinsicht wäre es z. B. unzulässig, aus der einer gewissen Berechtigung nicht entbehrenden Behauptung, dass der Abflusscanal als die Zone der Nullarbeit, als die beharrliche Förderstrecke anzusehen ist, allgemein darauf zu schließen, dass dort etwa keinerlei oder nur wenige oder aber ganz eigenartige Maßnahmen durchzuführen wären.

Ebenso kann nicht allgemein behauptet werden, dass diese Zone für die Verbauung des Wildbaches dann am tauglichsten ist, wenn das Uebel nicht am Ursprunge behoben, wenn dem reinen Abtrage nicht unmittelbar gesteuert werden kann. In manchen Fällen mag das allerdings ebenso zutreffend sein wie die Annahme, dass das obere Ende des Abflusscanales die geeignete Oertlichkeit für den Schlüssel der Verbauung des Aufnahmsgebietes darstelle. Die Verschiedenheit der Fälle lässt es eben, wie es für die Praxis allerdings sehr werthvoll wäre, leider nicht zu, in gedachter Richtung bestimmte Grundsätze aufzustellen.

Fast scheint es deshalb angezeigter zu sein, die Gliederung des Niederschlagsgebietes noch mehr zu verallgemeinern und es lediglich in zwei Theile zu trennen, in das Gebiet der vorherrschenden Materialbeschaffung, „Denudation“ und in jenes der vorherrschenden Materialablagerung, „Accumulation,“ eine Eintheilung, wie sie auch Schindler[19]) getroffen hat. Nur ist es nicht gerechtfertigt, das erstere Gebiet kurzweg als das Gebiet der „Erosion“ zu bezeichnen, weil sich in der Regel auch andere Processe dort materialschaffend zeigen können. Das Gebiet der Materialbeschaffung würde sonach, den früheren Eintheilungen entsprechend, das Sammelbecken und den Abflusscanal umfassen, das Gebiet der vorherrschenden Materialablagerung aber mit dem Schuttkegel identisch sein.

Der eigentliche Thallauf des Baches, wo ein solcher vorhanden ist, kann als das Gebiet der reinen Wasserführung bezeichnet werden. Alle drei Gebiete zusammengefasst, sind als das „Arbeitsfeld“, welches in der französischen Literatur als „Périmètre“ benannt ist, anzusehen.

Der Wildbach der Alpen zeigt die Gebiete der vorwiegenden Materialbeschaffung und Materialablagerung in der Regel scharf von einander getrennt. Die die Bildung ausgesprochener Schuttkegel begünstigenden Verhältnisse, so plötzliche Thalerweiterung und geringes Thalgefälle, sind hier markant gegeben. Der Bach

des Berg- und Hügellandes oder jener der Niederung zeigen dagegen, wie schon an geeigneter Stelle hervorgehoben wurde, diese Eigenthümlichkeiten nicht, so dass bei ihnen von einem Gebiete



Abbildung Nr. 4. Der Klausenkofel oder Kreidebach im Möllthale in Kärnthen.
Der durch den Schuttkegel des Baches gebildete Gössnitzer See.
Nach einer Photographie von F. Ritter von Staudenheim in Feldkirchen.

vorwiegender Materialablagerung, einem Schuttkegel, oft gar nicht die Rede sein kann.

Die Gebiete der vorwiegenden Materialbeschaffung, deren Größe und Form von der Terrainfiguration abhängt, sind im allgemeinen bei den Alpenbächen kleiner und weniger lang gestreckt,

als bei jenen der Berg- und Hügelländer. Doch haben auch die ersteren — und es wird hier von größeren wildbachartigen Gewässern abgesehen — nicht selten eine Flächengröße von hunderten von Quadratkilometern und eine Längenausdehnung von 20 und mehr Kilometern aufzuweisen.

Auch das Gebiet der vorwiegenden Materialablagerung, der Schuttkegel, ist, den örtlichen Verhältnissen entsprechend, von verschiedener Flächenausdehnung. So messen manche Schuttkegel, auf deren Bildung und Größenverhältnisse an geeigneter Stelle zurückgekommen wird, von der Spitze bis zum Fuße 2—3 und mehr Kilometer und besitzen eine Ausdehnung von mehreren hundert Hectar. Der im Laufe der Zeiten durch den Gadriabach bei Schlanders in Tirol, quer über die Breite des oberen Etschthales herausgeschobene Schuttkegel nimmt über 5 . 5 km von der Länge dieses Thales ein; auf dem Schuttkegel des Naifbaches bei Meran, dessen mit 490 Hectar gemessene Fläche gegenüber jener des ganzen Niederschlagsgebietes von 925 Hectar als außerordentlich groß bezeichnet werden muss, liegt die Villenstadt Obermais; durch den mächtigen Schuttkegel des Oselitzenbaches im Gailthale Kärnthens wird der Abfluss der Gail gehemmt und das Thal oberhalb der Versumpfung preisgegeben. Der Schuttkegel des Kreidebaches im Möllthale in Kärnthen, Abbildung Nr. 4, Seite 25, hat eine Ausdehnung von allerdings nur 16,5 ha; er versumpft aber das Thal oberhalb auf 49,93 ha und verschottert es überdies unterhalb auf 60,7 ha.

Herkommen des Geschiebes.

Es ist zunächst von Interesse, jene sich im Gebiete der vorherrschenden Materialbeschaffung vollziehenden exogenen Processe kennen zu lernen, durch welche die Materialführung der Bäche veranlasst und gefördert wird.

Diese Processe sind die Verwitterung und die den Thaltransport des Verwitterungsproductes fördernden Erscheinungen einerseits, dann die materialschaffende Thätigkeit des Wassers, die Erosion, Corrosion und die Unterwühlung andererseits.

Verwitterung.

Die Verwitterung ist eine, durch die Wirkungen des Sauerstoffes und der Kohlensäure des Wassers so wie der Luft mehr oder minder rasch fortschreitende chemische Zersetzung der Ge-

steine, welche mechanisch unterstützt wird durch das in die Risse und Spalten des Gesteines dringende und dort frierende Wasser, durch das Eindringen der Wurzeln, durch die Thätigkeit felsverzehrender Bacillen u. dgl. m.

Der Sauerstoff der Luft wirkt oxydirend, Kohlensäure zersetzt Silicate und wirkt im Verein mit Wasser auflösend.

Unter allen Umständen ist das Resultat der Verwitterung ein allmähliches Loslösen und Zerbröckeln des Gesteines, welchem Processe mehr oder minder alle Gesteine, von den leicht verwitterbaren Sedimenten bis zum äußerst widerstandsfähigen Quarz und den ausschließlich oder vorwiegend von demselben gebildeten Gebirgsarten unterworfen sind.[30]) Insbesondere werden Kalke durch die Kohlensäure des sie benetzenden Wassers leicht und rasch der Verwitterung zugeführt. Kein Wunder daher, dass gerade die Wildbäche der Kalkalpen große Massen Verwitterungsproductes zu Thale führen.

Mit gewisser Berechtigung gebraucht nicht selten der Gebirgsbewohner die Redensart „faul wie Fels“, denn die sich mit dem letzteren vollziehenden, mannigfachen und sichtlichen Veränderungen sind ihm wohl bekannt. In Abbildung Nr. 5, Seite 28, zeigt sich die gewaltige Verwitterungserscheinung in den Kalkalpen und gleichzeitig die Verworrenheit ihrer Thalbildung, auf welche bereits an anderer Stelle verwiesen wurde.

Seit Jahrtausenden arbeitet so der Verwitterungsprocess an dem sich auf der Erdoberfläche vollziehenden Nivellement kräftigst mit und unterstützt die Wildbäche in ihrer verheerenden Thätigkeit.

Für den Fortschritt der Verwitterung sind nicht allein die geognostischen Verhältnisse, sondern auch die Beschaffenheit der gesteinsbildenden Mineralien, dann Klima, Höhenlage, Exposition und Beschaffenheit der Vegetationsdecke maßgebend.

In erster Richtung kommt die Oberflächengestaltung des Gesteines, ob eben, muldenförmig, geneigt oder abschüssig, weiter dessen Structur, ob geschichtet, schiefrig oder compact, sowie die chemische Zusammensetzung, ob z. B. reicher an Eisenoxydul und Eisenoxyduloxyd, in Betracht. Stark eisenhaltige, geschichtete oder schiefrige Gesteine in abschüssiger Lage sind

---

30) Ueber die Verwitterung der einzelnen bodenbildenden Gesteinsarten gibt Dr. E. Ramann in seiner „Forstlichen Bodenkunde“, Berlin 1893, genauen Aufschluss.

der Verwitterung stark unterworfen. Bei den thonigen Gesteinen trifft dies häufig zu; Gneis verwittert rascher als Granit, Sedimentärgesteine rascher als krystallinische Massengesteine. Zu den leicht verwitterbaren Steinen gehört der Karpathensandstein, in welchem die subkarpathischen Flüsse vorwiegend ihren Ursprung haben, und welcher sich aus Sandstein, Conglomerat, Kalk- und Thonmergel, dann aus verschiedenen bituminösen Schiefern zu-



Abbildung Nr. 5. Der Kalkstock der Villnösser Geisler Spitzen, Tirol. (Fermeda, Odla, Sass Rigais und Force di Sielles.)

sammensetzt. Der Wiener Sandstein zeigt bei ähnlicher Zusammensetzung ähnliches Verhalten.

Ueber die einschlägigen Verhältnisse gibt auch die citirte Abhandlung Koch's[13]) Aufschluss.

Das Klima ist insofern von Einfluss, als Oertlichkeiten mit häufigen und reichlichen Niederschlägen, Winden, Gewittern und insbesondere mit Hagel, dann raschen Temperaturwechseln über und unter dem Eispunkte und daher ganz besonders vermehrter Wirkung des in die Gesteinsspalten dringenden und dort frieren-

den Wassers, als dem Fortschritte der Verwitterung besonders unterworfen bezeichnet werden müssen.

Zum großen Theil hängen die klimatischen Verhältnisse von der Höhenlage und Exposition ab, weshalb den beiden letzteren ein großer Einfluss auf die Verwitterung zuzusprechen ist. Es ist erwiesen, dass die etwa 1000 Meter breite Region unmittelbar unterhalb der Schneegrenze die größte Zertrümmerung durch Verwitterung erleidet.[31]) In keiner Region wird von den höhern Schneefeldern her eine so beständige Feuchtigkeit unterhalten, in keiner fehlt es so sehr an einer schützenden Bekleidung mit Schnee oder Vegetation, in keiner wechselt die Temperatur so oft über und unter dem Eispunkte. Kein Wunder daher, dass in dieser Region so viele Wildbäche ihren Ursprung nehmen! Hinsichtlich der Exposition ist zu bemerken, dass im allgemeinen die Südabhänge der Verwitterung mehr ausgesetzt sind, als alle anderen. Der Grund hiefür ist in erster Linie darin zu suchen, dass die directer auffallenden Sonnenstrahlen, dann der oft unmittelbar auffallende Südwind, schon im zeitlichen Frühjahre die schützende Schneedecke zu entfernen und so das Eindringen der schädlichen Nachtfröste zu begünstigen im Stande sind. Nach Edmund Graf[23]) löst der Föhn oder Scirocco in 12 Stunden eine Schneeschichte von 75 cm Mächtigkeit auf. Die Sonne kann in einem Tage 50 bis 70 cm Schnee schmelzen.

Uebrigens sind die Südhänge zufolge der in der Regel günstigeren klimatischen Verhältnisse höher hinauf von Menschen besiedelt, als alle anderen, was oft mit der Verschlechterung der gegen Verwitterung schützenden Vegetationsdecke im Zusammenhange steht.

Was diese letztere anbelangt, ist es bekannt, dass die Vegetation geschäftig an der Zerstörung der Gesteine betheiligt ist, zwar vielleicht nur zum geringen Theile mechanisch durch das in den Boden dringende Wurzelsystem, hauptsächlich aber durch chemische Zersetzung, auf welche die Bildung des Humus, der oberflächlichen Damm- und Ackerkrumme, bestehend aus pflanzlichem Moder und dem Verwitterungsproducte des Gesteines, zurückzuführen ist. Je üppiger der Pflanzenwuchs, desto rascher im allgemeinen die chemische Zersetzung des Gesteines. Der Pflanzenwurzel kommt nicht bloß die passive Fähigkeit der

---

31) „Ueber Verwitterung im Gebirge"; von Albert Heim. Basel 1879.

Aufnahme jener Stoffe zu, die im Bodenwasser gelöst enthalten sind, sondern außerdem die active Thätigkeit, ungelöste Substanzen, die mit den feinsten Wurzelverzweigungen in unmittelbare Berührung kommen, in Lösung überzuführen und in sich aufzunehmen.

Es muss auch eine gewisse Ausgabe von Kohlensäure aus der Pflanzenwurzel für möglich gehalten werden, so dass durch die Vegetation ein die Verwitterung hauptsächlich veranlassendes Medium in den Boden gelangt.[32])

Im Hinblick auf die Geschiebeführung der Gewässer kommt aber diese, die Verwitterung fördernde Thätigkeit der Vegetation nicht in Betracht. Einerseits schafft sie eine, die tiefern Gesteinsschichten vor dem Thaltransporte schützende Hülle und andererseits durch diese selbst Material, welches, wenn schon durch Erosion oder andere Processe zur Thalfahrt veranlasst, nur befruchtend für tiefere Lagen wirken kann.

Dagegen schützt die Vegetationsdecke vor den zerstörenden Einflüssen der Atmosphärilien, vor der trocknenden, ausdörrenden Wirkung der Sonnenstrahlen, vor der schädlichen Wirkung der Temperaturschwankungen, des Windes, Regens, Hagels, Frostes u. s. w. und bietet außerdem der Thalfahrt des Verwitterungsproductes mechanischen Widerstand. Ihre große Bedeutung im Regime der Gewässer in gedachter Richtung steht wohl außer jedem Zweifel.

Unter den mannigfachen Formen der Vegetationsdecke ist es der Wald, welcher vermöge seines Kronendaches, vermöge seiner Laub- und Streudecke den größten Schutz in gedachter Richtung gewährt. Allerdings ist zuzugeben, dass in einzelnen Fällen, so bei starker Aststreugewinnung, wenn die betreffenden Bestände überdies infolge der intensiven Bodenstreugewinnung auf nahezu nacktem Gesteine stocken, die mechanische, das Gestein zum Bersten bringende, nachtheilige Wirkung des Wurzelsystemes, den sonstigen, den Fortschritt der Verwitterung hemmenden Einfluss des Waldes überwiegen kann, so dass wohl mit Heim[31]) zu behaupten ist, ein lückenhafter Pflanzenteppich befördert, ein dichter verzögert die Verwitterung.

Die Thalfahrt des sich an den Gehängen sammelnden, vermöge der eigenen Schwerkraft langsam nach abwärts strebenden Ver-

---

32) „Die Bodenkunde in zehn Vorlesungen"; von Dr. Adolf Mayer. Heidelberg 1895.

witterungsproductes wird in erster Linie durch die Schleppkraft des fließenden Wassers, dann durch den direct auffallenden Regen, Hagel, seltener durch Wind vermittelt. Hervorragend betheiligt an dem Transporte des Geschiebes und namentlich des Verwitterungsproductes sind außerdem Bergstürze, Steinschläge, Gletscher und Lawinen.

Bergstürze und Steinschläge.

Die Grundursache der Bergstürze ist naturgemäß immer die, dass Gebirgsmassen, welche sich vermöge der herrschenden Böschungs- und Lagerungsverhältnisse noch im Zustande des Gleichgewichtes befinden, auf irgend eine Weise ihrer Unterstützung beraubt und zum Absturze veranlasst werden. Steil aufgerichtete, gegen ein Thal einfallende Schichten, die in ihrem Fuße oder auf den Schichtenflächen unterwaschen werden, können am leichtesten zum Absturze gebracht werden, was dann besonders zu befürchten ist, wenn auflösbare Mergel oder Thone zwischen härteren Schichten lagern. Auch nach beliebigen, im Gesteine vorhandenen Klüften findet der Abbruch dann statt, wenn Fußunterwaschungen, erhöhte unterwühlende oder Frost-Wirkung des nicht selten in Folge von Entwaldung reichlicher in das Gestein eindringenden, und dort frierenden Wassers hiezu den Anlass bieten. Stark verwitterte, von der Vegetationsdecke entblößte Felsarten sind daher, von den sehr maßgebenden geognostischen und Lagerungsverhältnissen abgesehen, der Bildung von Bergstürzen besonders unterworfen. Heftige Regenfälle, rasche Schneeschmelze können vermittelnd oder selbst ursächlich wirken, wie denn die meisten Bergstürze auch thatsächlich während der Frühjahrs- und Herbstregenperiode zu beobachten sind. Von jenen Fällen abgesehen, in welchen Erdbeben den Absturz veranlassen, kann mit Heim[31]) behauptet werden, dass Vorzeichen eines Bergsturzes niemals fehlen und kein Bergsturz plötzlich eintritt. Immer gehen demselben das Ablösen kleinerer Felspartien oder einzelner Steine (Steinschlag), die Bildung von Rissen und Spalten voraus. Naturgemäß ist zu unterscheiden, ob es sich um Schutt- oder um Felsbewegungen, gegebenenfalls um beide zugleich handelt. Im ersteren Falle ist in der Regel die Bildung zahlreicher kleinerer zusammenhangloser, im zweiten Falle jene einer zusammenhängenden größeren Hauptspalte zu beobachten. Je näher der Katastrophe, desto rascher und zahlreicher erfolgt der Abbruch einzelner Steine, einzelner

Fels- und Schuttpartien, und sobald der Fuß zu weichen beginnt, ist der volle Abbruch unmittelbar bevorstehend. Krachen und Poltern der Gesteinsmassen im Inneren des Gebirges, oft hörbar auf viele Kilometer Entfernung, verrathen die innere Bewegung der aus dem Gleichgewichte gebrachten, zur Thalfahrt bestimmten Massen. Wie groß diese sind und wie gefährlich ihre Thalfahrt werden kann, möge aus den folgenden Beispielen ermessen werden.

Der große Bergsturz vom Kalkstocke des Dobratsch im Gailthale in Kärnthen (1348), verschüttete 19 Dörfer und staute den Gailfluss derart, dass die Folgen dieser Stauung, die Versumpfung des Thales, heute noch deutlich sichtbar sind.

Allein nicht nur vorübergehende Flussstauungen, sondern auch die Bildung von förmlichen Seen, der sogenannten Sonklar'schen Seen, kann die Folge von Bergstürzen sein. Im Jahre 1401 wurde durch einen Bergsturz bei Moos im Passeierthale, Tirol, der Fluss gleichen Namens, die Passer, auf eine Länge von 4,7 km und eine Breite von 3,2 km derart gestaut, dass der so gebildete See, der Passeiersee, eine Tiefe von 60 Meter aufwies. Dieser See ist wiederholt, das letztemal im Jahre 1774 ausgebrochen und bei dieser Gelegenheit vollständig abgeflossen. Der verursachte Schade war enorm. In 12 Stunden flossen 150 Millionen m^3 Wasser ab. Am 30. September 1512 fiel nach heftigem Regen ein Theil des Pizzo magno in das Blegnothal herab und staute die Bianca zu einem See auf, dem es erst nach zwei Jahren gelang, den Schuttwall zu durchbrechen. Dies geschah so plötzlich, dass das Dorf Biasca zerstört, das ganze Thal bis zum See verheert, 600 Menschen ertränkt und die Mauern der Festung Bellinzona fortgerissen wurden.

Dem großen Bergsturze von Goldau in der Schweiz vom Jahre 1806 fielen 457 Menschen, 111 Wohnhäuser, 2 Kirchen, 220 Scheunen und Ställe zum Opfer. 15 Millionen Cubikmeter Gestein, tertiäre Nagelfluh, kamen auf einer ausgewaschenen Mergelbank ins Gleiten.[33])

Der Bergsturz vom Jahre 1807 im Stubaythale in Tirol erfolgte so rasch, dass die Einwohner von Vulpmes und Plöven zu ihrer Rettung kaum 5 Minuten Zeit hatten. In Südtirol, im Canal San Bovo, hat sich im Jahre 1823 bei Primör in Folge eines Bergsturzes der Lago nuovo gebildet. Gelegentlich seines ersten, im Jahre 1825 erfolgten Ausbruches wurde das Dorf Ponte

33) „Erdgeschichte"; von Dr. Melchior Neumayr. Leipzig 1886.

mit 36 Häusern zerstört. Zwei weitere Ausbrüche verursachten ebenfalls größere Schäden. Der Bergsturz des Jahres 1881 bei Elm im Canton Glarus hat 10 Millionen Cubikmeter Gestein ins Thal geworfen, dabei wurden 115 Menschen verschüttet, 83 Gebäude zerstört und ca. 1 km^2 der fruchtbarsten Thalstrecken verwüstet.

Recht charakteristisch beschreibt die „Neue Züricher Zeitung“ vom Jahre 1889 den Bergsturz des gleichen Jahres bei Tscherlach im Kanton St. Gallen. „Ungefähr in der Mitte zwischen Flums und Wallenstadt, nördlich von der großen Landstraße, sanft hingelegt an den grünen Fuß des hohen Felsengebirges, gleichsam im Schutze der mächtigen Decken, die das stolze Haupt mitten im Sommer mit silberweißen Schneebändern geschmückt haben, liegen die 40 Holzhäuser des Dorfes Tscherlach, unter denen nur wenige gemauerte das größere Vermögen des Eigenthümers verkünden. Hoch oben am Berge, in der Mitte zwischen dem Vorachten und dem Jennis befindet sich, dem Auge des Thalbewohners verborgen, ein Einschnitt, der in einen kleinen Kessel ausläuft und dessen Rand wohl hundertjährige Tannen, zusammen das Rubiwäldchen genannt, umsäumen. In diesen Kessel stürzt ein magerer Wasserfall, der Kuppelbach, der nur in der Regenzeit bemerkbar wird. Was für eine unheimliche Gewalt aber das unscheinbare Wässerchen hat, wenn es anschwillt und muthig wird, das zeigt die wohl 80 Meter tiefe Rinne, die es sich in den harten Felsen eingesägt hat. Oberhalb des Rubiwäldchens nun lösen sich seit mehr als einem Jahre schon Erdreich und Felstrümmer von der geraden Wand, so dass der da vorbeigehende Alpweg schon seit einem Jahre polizeilich verboten war. Am 25. August, Nachts um 2 Uhr, ertönten in Tscherlach die Feuerzeichen, die erschreckten Bewohner stürzten aus den Häusern, und als sie erfuhren, der Bach komme, wurden zuerst die Brücken weggeschoben, welche die Dorfsträßchen verbanden. Mitten im Dorfe gegen den Bergrand hin fließt in den Kuppelbach der Gafentisbach, der vom Vorachten herabkommt. Im Gebirge dröhnte es wie eine gewaltige Kanonade, und jeder Schuss bedeutete einen stürzenden Felsblock, der sich aufgemacht, um menschliche Stätten zu zerstören. Mit donnerndem Getöse kam die schwarze Masse herunter, in der engen Schlucht langsam sich vorwärts schiebend und, wo sie breiter war, an die Wände und Wiesenhänge hinaufspringend. Bäume von Mannesdicke fuhren

aufrechtstehend zu Thal und neigten sich, auf der Ebene ankommend, langsam zum Fall. Die Häuser an der Nordostseite des Dorfes wurden verlassen und die geringe Habe in dem nicht bedrohten Theil der Ortschaft geborgen. Eine wackere Mannschaft stellte sich auf den bergwärts vom Dorfe errichteten Mauerdamm, die Schanz, und suchte dem langsam anrückenden Feinde den Weg zu weisen. Sie musste weichen, denn die dunkle Masse ging an einzelnen Orten über die Schanz weg. Es schien, als habe der Bach seine Wuth ausgetobt. Der Sonntag und Montag gingen unter banger Wachsamkeit vorbei. Da, am Dienstag, Morgens um 9 Uhr, rief das Horn neuerdings die Mannschaft zusammen. Es kam noch grässlicher donnernd als zuvor durch den Felseinschnitt, wieder langsam rutschend, aber unerbittlich Alles vor sich niederdrückend. Welche Gewalt sich da kundgab, das zeigen weit oben am Berge die Bäume und Sträucher, die vielleicht 15 bis 20 Schritte vom Rande der Schlucht entfernt stehen. Das Leichtere, Flüssigere der Masse wurde über sie hinaufgespritzt, so dass sie heute noch aussehen, als hätte ein riesiger Maurer seinen Pinsel über sie ausgespritzt. Weiter unten, wo der Hang sanfter wird, wurde das wandernde Unheil, die schwarze Masse, wohl 30 Fuß hoch an die Mattenböschung angelegt, als hätte eine Pflugschar sie abgeschnitten und gewendet. Nun halfen die Mauern nichts mehr, sie wurden überall umgedrückt und durchbrochen. Die Masse schob sich über die Gärten, über die mitten in den Häusern liegenden kleinen Rebstöcke, in die unteren Räume der Häuser hinein, Alles verwüstend, knickend und erdrückend.

Das zunächst am Berge gelegene Häuschen steht bis ans Dach im schwarzen Schlamm. Im Bodenraum aller benachbarten Häuser liegt Wasser und Schlamm mehrere Fuß tief, und die kleinen Keller, wo die Fabrikarbeiter, aus denen der Haupttheil der Bevölkerung besteht, ihren Most aufbewahrten, sind ausgefüllt. Der Gafentisbach ergoss sich über die Straßen und Plätzchen bis zur Kirche hinunter, drang in diese ein und überdeckte den Boden mit flüssigem Schlamm. Um einen Abzug zu schaffen, wurde die Mauer des wohl zwei Meter tief eingegrabenen Bettes des Kuppelbaches durchbrochen und die Masse ergoss sich auf die blühenden Wiesen, die nun wohl jahrelang nicht werden bebaut werden können. Kein einziger Theil des Dörfchens ist unbeschädigt. Zahlreiche Hilfsmannschaften arbeiten mit größter Anstrengung,

um die Wasser- und Schlammmassen zu vertheilen und vom Dorf abzuleiten. Mit dem eingetroffenen schönen Wetter ist die Gefahr plötzlicher neuer Abstürze verringert. Immerhin kann die Gefahr beim nächsten Regenwetter wieder eintreten. Die gewaltigen



Abbildung Nr. 6. Schuttkegel des Bergsturzes am Arlberge vom Jahre 1892.

Geschiebemassen sind nicht mehr aufzuhalten. Die Bewohner von Tscherbach sind von der Angst gefoltert, stündlich ihren ganzen Besitz verlieren zu müssen, und wenn das Schlimmste nun ausgeblieben, so belehrt sie ein Blick auf die Berge, dass die Vernichtung nur eine Verzögerung erlitten hat."

Ein gewaltiger Bergsturz war auch jener, der sich im Jahre 1892 von der Westseite des Arlberges im sog. „Blisadonatobel“ loslöste, die Arlbergbahn unterhalb der Station Langen streckenweise zerstörte und die Ortschaft Klösterle bedrohte. Der Schutt-



Abbildung Nr. 7. Abbruchstelle des Bergsturzes am Arlberge vom Jahre 1892.

kegel des Bergsturzes war so mächtig, die noch drohende Gefahr ist so groß, dass sich die Bahnverwaltung entschloss, den ersteren mittelst eines Tunnels zu unterfahren. Abbildung Nr. 6, Seite 35, veranschaulicht den Schuttkegel, jene Nr. 7 die Abbruchstelle dieses Bergsturzes.

Bemerkenswerthe Bergstürze neuester Zeit sind die vom Hasenberge bei Klappai in Böhmen, am 8. April 1898, von Airolo an der Gotthardbahn, Neujahr 1899,[34]) und bei Schwanden im Berner Oberland, April 1901. Eine Bergsturzkatastrophe von furchtbarem Umfange war im Frühjahre 1901 für das von der französischen Grenze bei Verrières nach dem Neuenburgersee in der Schweiz führende Traversthal zu befürchten. Die Ursache erblickte man in den Bergwerksbetrieben unterhalb der mit dem Absturz drohenden Bergpartie, deren Mächtigkeit auf ein Volumen von nahezu einer Million Kubikmeter geschätzt wurde.

Interessante Beispiele von Bergstürzen in den französischen Alpen und Pyrenäen sind der französischen Literatur[35 u. 36]) zu entnehmen. So ist der Bergsturz vom Pic de Péguère bei Cauterets in den französischen Hochpyrenäen, durch welchen das Thermalbad gleichen Namens bedroht erschien, besonders hervorzuheben. Weiter sind zu nennen die Bergstürze von d'Arbin, von Bec-Rouge im Departement de la Savoie u. a. m.

Es ist wohl nicht erforderlich, über das Diminutivum des Bergsturzes, den Steinschlag, Worte zu verlieren. Er vollzieht sich in dem Innern der Thäler, sozusagen stetig, sei es durch das Abstürzen oder Abrollen einzelner großer Steine oder kleinerer Felspartien, sei es durch das Abrollen kleinerer Steine, die sich dann zumeist in Form von Steinhalden, im Gebirge auch „Steinlammern" genannt, an den Gehängen ansammeln.

Das Eintreten warmer Witterung im Frühjahr, wenn die Frostwirkung im Innern des Gesteins fühlbar wird, Hagel, Regen und Wind begünstigen den Steinschlag.

Gletscher.

Die transportirende Thätigkeit der Gletscher, auf welche, insofern frühere Epochen der Erdgeschichte in Frage kommen, das reichliche Vorkommen des Glacialschuttes in den Hochgebirgen zurückzuführen ist, ist eine bekannte Thatsache. Gesteinstrümmer, zumeist Producte der Verwitterung, welche von steilen Abhängen auf den Gletscher fallen, bezw. unter denselben

34) Oesterreichische Monatsschrift für den öffentlichen Baudienst, vom Jahre 1899.

35) „L'extinction des torrents en France par le reboisement"; von P. Demontzey. Paris 1895.

36) „Eboulements, glissements et barrages"; von M. Kuss. Paris 1900.

gelangen, werden von ihm in Form von Seiten-, Mitten- oder Grundmoränen bei der Bewegung nach abwärts mitgeführt. Ebenso ist die den Glacialschutt bildende End- oder Stirnmoräne, jener vielfach gewaltige, oft über 100 Meter hohe Wall, welcher das untere, vordere Ende des Gletschers umgibt, oder im Falle der Rückwärtsbewegung des Gletschers, d. h. im Falle seiner Verkürzung oft weitab von dessen unterem Ende zu finden ist, aus jenen Ge-



Abbildung Nr. 8. Die Laaserferner mit der Troppauer Hütte.
Nach einer Photographie des k. u. k. Hofphotographen B. Johannes in Meran.

steinsmassen zusammengesetzt, welche die Thalfahrt des Gletschers in Form der früher erwähnten Moränen mitgemacht haben. Die oft ungeheuere Masse des an den Gletscherenden angehäuften Schuttes ist aus Abbildung Nr. 8 ersichtlich.

Während das Materiale der Seiten- und Mittenmoränen durch den Transport nicht verändert wird, also seine ursprüngliche Gestalt behält, wird jenes der Grundmoräne gedrückt, geritzt, abgerundet, zerrieben, an den Ecken abgestossen, unter

allen Umständen verkleinert, macht also ähnliche Veränderungen wie das vom Wasser getragene Geschiebe mit.

Das Vorhandensein ungeheuerer Massen solchen Gesteines, des Glacialschuttes, zusammengesetzt zumeist aus den Producten der Verwitterung aller jener Gesteinsarten, durch welche sich ehedem der Gletscher bewegte, ist auf die transportirende Gletscherthätigkeit zurückzuführen. Gewiss ist auch das reichliche Vorkommen des Glacialschuttes in den Wildbächen mit Rücksicht auf den Umstand, dass derselbe der erodirenden Thätigkeit des Wassers so geringen Widerstand entgegensetzt, eine beklagenswerthe Thatsache.

Das Vorkommen eines Gletschers im Wildbachgebiete bedeutet an und für sich schon eine eminente Gefahr.

Abgesehen davon, dass bei hoher Temperatur und namentlich bei warmem Winde die Gletscherwässer außerordentlich rasch und mächtig anschwellen, so ist noch anderer schädlicher Einflüsse auf das Regime des Gewässers zu gedenken. So muss vor allen jener Katastrophen gedacht werden, welche auf die Bildung von Stauseen, Eisseen, infolge Vorrückens der Gletscher und ihrer Moränen oder in Folge von Gletscherabbrüchen zurückzuführen sind. Auch können Gletscherabbrüche, wie solche namentlich an Gletscherkaskaden, Hängegletschern, zu beobachten sind, allein schon verheerend wirken. Ein Beispiel in ersterer Hinsicht bietet der Vernagtgletscher im oberen Oetzthale in Tirol, welcher seinerzeit während seiner starken Entwickelung das Rofenthal vollständig absperrte und so die Veranlassung zur Bildung eines Sees gab, der im Jahre 1601 das erstemal, später aber noch mehrmals ausbrach und das ganze Oetzthal verwüstete.

Von Interesse ist die Katastrophe des Jahres 1891, von welcher das Martellthal in Tirol in Folge Ausbruches eines Gletschersees heimgesucht wurde, und auf welche sich die Abbildungen Nr. 9, 10, 11 und 12, Seite 40 und 42, beziehen.

Toula[37]) gibt über dieselbe folgende Beschreibung:

Das Martellthal oder das Thal des Plimabaches mündet bei Laas oberhalb Schlanders in die obere Etsch. Am Ausgange des Enzthales hat der Bach in viel früherer Zeit einen gewaltigen Schotterkegel aufgeschüttet, dessen Spitze eine Seehöhe von 726 m

---

37) „Ueber Wildbach-Verheerungen und die Mittel ihnen vorzubeugen"; von Franz Toula. Wien 1892.



Abbildung Nr. 9. Gletschersee im Martellthale.
Nach einer Photographie des k. u. k. Hofphotographen B. Johannes in Meran.



Abbildung Nr. 10. Ausbruch des Stausees im Martellthale.
Nach einer Photographie des k. u. k. Hofphotographen B. Johannes in Meran.

besitzt. Von hier zieht sich das Thal im allgemeinen in südöstlicher Richtung im Bereiche der krystallinischen Schiefer höher und höher empor. Bei etwa 2000 m Höhe vereinigen sich zwei Gletscherbäche, der Madritschbach und der Plimabach.

Noch weiter oben liegt das Gebiet des oberen Zufallbodens. Zwei Gletscher kommen hier ins Thal des obersten Plimabaches herab, dieselben haben ihre Firnfelder in dem großen Circus zwischen der Zufallspitze im Süden (3761 m), der Suldenspitze im Westen (3385 m) und der Eisseespitze im Norden. Zwischen dem mit Moränenschutt bedeckten Zungenende des Zufallferners, welches bis an die linke Thalwand reicht und jenem des Langenferners erfolgte ein Aufstau der Plima zu einem Eissee, der seinen Abfluss durch ein Gletscherthor erhielt. Dasselbe genügte aber nicht für die sich dahinter ansammelnden Schmelzwässer und es bildete sich daher ein Stausee, welcher am 18. Juni 1891 die Barre durchbrach und das Martellthal in großartiger Weise verwüstete. Sieben Häuser wurden vollkommen zerstört, sämmtliche Schutzbauten und Brücken wurden vernichtet, große Massen des Moränenschuttes zu Thale getragen. Die durch ein Signal gewarnten Bewohner von Martell konnten sich noch zur rechten Zeit retten. Die grauen Massen am Gletscherthore, Abbildung Nr. 11, sowie die Blöcke im Vordergrunde, sind nicht Fels, sondern Eis. Die Fläche rechts in Abbildung Nr. 12, auf welcher aus dem Gerölle ein halb verschütteter Baum hervorragt, ist der Platz, auf welchem das vom Ausbruche vollkommen hinweggefegte, den Touristen wohl bekannte Gasthaus des Bergführers Eberhöfer stand.

Ueber diese höchst interessante Katastrophe im Martellthale gibt auch Mayr in der österreichischen Monatsschrift für den öffentlichen Baudienst genauen Aufschluss.[38])

Uebrigens sei bezüglich der Bildung von Eisseen noch besonders auf eine verdienstvolle Arbeit Simonys[39]) verwiesen.

Von Interesse sind auch die Beispiele, welche Frech[40]) anführt, so die Umlagerung der Endmoränen an den Trafoier Gletschern, welche von den gewaltigen Geröllmassen Zeugniss

38) „Die Gletscherausbrüche im Martellthale und der Klausenbau am Zufallboden"; von Franz Mayr. Monatsschrift für den öffentlichen Baudienst. Wien 1895.

39) „Ueber die Alluvialgebiete des Etschthales"; von Friedrich Simony. Wien 1857.

40) „Ueber Muren"; von Professor Dr. F. Frech. Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereins. München 1898.



Abbildung Nr. 11. Gletscherthor im Martellthale nach dem Ausflusse des Stausees.
Nach einer Photographie des k. u. k. Hofphotographen B. Johannes in Meran.



Abbildung Nr. 12. Das durch den Gletscherausbruch verwüstete Martellthal.
Nach einer Photographie des k. u. k. Hofphotographen B. Johannes in Meran.

geben, die das Schmelzwasser in Form von Schuttkegeln am Fuße der Wände ablagert.

Der in Folge eines Gletscherabbruches veranlassten furchtbaren Altelskatastrophe fiel binnen wenigen Augenblicken ein blühendes Alpenthal, in eine Eiswüste verwandelt, zum Opfer. Der Ort des Ereignisses ist ein Hochthal von 2 km Länge und 1 km Breite, im Osten durch das Massiv des Altels begrenzt. Von da löste sich ein Theil von dem Hochfirn und stürzte, in seinem Laufe alles verheerend und verwüstend, thalabwärts. Die Sturzhöhe wurde mit rund 1400 m gemessen und die stürzende Masse mit etwa 4000000 m^3 angeschätzt. Die Ursachen waren neben geologischen Verhältnissen warme Witterung und die Thätigkeit der Sickerwässer.

In sehr ausführlicher Weise beschreibt Kuss in dem bezogenen Werke „Les torrents glaciaires“ [18]) die einschlägigen Verhältnisse und insbesondere die außerordentlichen Schäden, welche durch Gletscherstürze, Gletscherlawinen, verursacht werden können. So heißt es beispielsweise hinsichtlich des Wildbaches von Bionnasset und des Gletschers „Tête-Rousse“: Während der Nacht vom 11. auf den 12. Juli 1892 hat ein plötzliches Hochwasser des Wildbaches von Bionnasset 200 Menschenleben vernichtet, das Thal von Montjoye in Savoyen und einen großen Theil des Thermalbades von Saint-Gervais-les-Bains und 2 Weiler zerstört. Mehr als 70 Hectar fruchtbaren Culturbodens wurden mit Felsblöcken, Geschiebe und Trümmern aller Art bedeckt. Die Ursache war in dem plötzlichen Abbruch des kleinen Gletschers „Tête-Rousse“ und dieser selbst wieder in der viele Monate hindurch herrschenden hohen Temperatur gelegen. Da der Wasserabfluss mit der Gletscherschmelze nicht Schritt halten konnte, sammelte sich Schmelzwasser in den Gletscherspalten, zwischen Gletscher und Felsen und wo es sonst hiezu geeignete Oertlichkeiten fand, an und lockerte so den Zusammenhang gewaltiger Eismassen. Auf diese Weise und vermuthlich durch Bildung eines Eissees unterstützt, kam der genannte Gletscher in Bewegung, nachdem schon früher durch Gletscherabtrag in der Flanke außergewöhnliche Massen des Moränenschuttes zur Thalfahrt bereit lagen.

Im März des Jahres 1901 erfolgte von der Fletschhornspitze am Simplon, 4000 Meter hoch, ein Gletschersturz. Die Masse wurde auf 10 Millionen Cubikmeter, Gletschereis mit großen Fels-

stücken gemengt, geschätzt. Das Thal soll in der Ausdehnung von einem Quadrat-Kilometer 20 bis 100 m tief verschüttet gewesen sein.

Lawinen.

In ebenso hervorragender Weise wie die Gletscher, sind an dem Thaltransporte des Verwitterungsproductes die Lawinen betheiligt.

Die Verbreitung der Lawinen ist nicht immer die gleiche gewesen. Am meisten zurückgedrängt waren sie jedenfalls zur sogenannten Eiszeit, wo die Gletscher weit herabreichten; ihre Zunahme steht ohne Zweifel im Zusammenhange mit dem Herabdrücken der Vegetationsdecke, mit dem Zurückdrängen des Waldes.

Verschiedene Einflüsse sind es, welche den auf den Gehängen angehäuften Schnee in Bewegung setzen und so das Enstehen der Lawinen verursachen.

Auf schiefen Flächen findet mitunter selbst schon bei geringem Gefälle, den Gesetzen der Schwere folgend, eine Bewegung des Schnees statt. Sie hängt von der Neigung des Hanges, von der Beschaffenheit und Masse des gefallenen Schnees, von den Witterungsverhältnissen, so namentlich Windströmungen, dann von der Configuration, Beschaffenheit der Bodendecke und mitunter auch von Zufälligkeiten ab.

Die Grundursache des Entstehens gibt den Lawinen in der Regel auch ihren Charakter. So werden die Lawinen nach Coaz[41]) in Staub-, Grund- und Oberlawinen getheilt, zu welchen noch die Gletscherlawinen zugezählt werden können.

Staublawinen entstehen, wenn es bei kalter Witterung stark schneit. Die große Masse des leichtflügigen Schnees geräth dann auf steilen waldlosen Hängen wie eine Schichte Sand in Bewegung, und reißt die übrige Schneemasse mit sich fort. Der feine Schnee wird vom Winde getragen, der schwerere bewegt sich am Boden. Die Luft wird comprimirt und strömt als Orkan, dessen Wirkung zumeist eine größere als jene der Lawine selbst ist, dieser voraus zu Thale. Solche Lawinen brechen gewöhnlich schon während des Schneefalles ab, oder sie werden nachträglich durch Windströmungen veranlasst.

---

41) „Die Lawinen der Schweizer Alpen"; von J. Coaz. Bern 1888.

Ein Beispiel bietet die Staublawine vom Jahre 1876, welche sich vom Piz St. Michel in Graubünden loslöste und deren Luftdruck auf eine Entfernung von $2^1/_2$ km zu verspüren war.

Im Jahre 1827 trug der Sturm einer Staublawine bei Süs im Unterengadin einen großen Lärchenstamm über den Thurm des Gefängnisses und legte ihn jenseits des Inn, ca. 100 m ober dem Flusse nieder.

Der bei mäßiger Kälte gefallene Schnee ist nass, massig, schwer und hängt an dem Boden ziemlich fest an. Größere Massen solch frisch gefallenen Schnees rutschen viel eher ab oder sind bei mäßig warmer Temperatur noch zu locker, um nicht von selbst in Bewegung zu gerathen. Dieser Schnee bleibt aber mehr massig beisammen, zerstiebt nicht, übt daher auch keinen so großen Druck auf die Luft aus, wie derjenige der Staublawine. Die Schnelligkeit der letzteren ist vermöge der Reibung, vermöge der Hindernisse an der Gleitfläche, eine verhältnissmäßig geringe, ihre Wirkung eine räumlich beschränkte. Solche Lawinen heißen Grundlawinen, Schlag-, Schlass- oder Schlessemlawinen.

Wenn auf die Firnkruste des gefrorenen alten Schnees frischer Schnee fällt, und dieser dann auf der glatten Gleitfläche in Bewegung geräth, so wird von Oberlawinen gesprochen.

Gletscherlawinen dagegen entstehen, wie schon der Name sagt, wenn sich am Ende eines Gletschers bedeutende Eismassen loslösen, über steile Hänge stürzen, dabei in kleine Eistheilchen zerstieben und in Form einer Staublawine ins Thal stürzen. Ihnen kann füglich der Charakter der im vorhergehenden Absatze erwähnten Gletscherstürze, bei welchen die Eismassen keine so weit gehende Zerkleinerung erfahren, nicht zugesprochen werden. Abrutschende Schneemassen endlich oder Lawinen von kleinem Umfange werden als Schneerutschen bezeichnet. In einer jüngst erschienenen Abhandlung von Campagne[42]) über Lawinenverbauung, ist der Hauptsache nach eine ähnliche Eintheilung und zwar in fliegende und Bodenlawinen, d. h. die vorgenannten Staub- und Grundlawinen „avalanches volantes" und „avalanches terrières", dann in gemischte Lawinen, „avalanches mixtes", getroffen. Die letzteren bilden eine Combination der beiden ersteren.

Um die Ursachen der Lawinenbildung kurz zu berühren, ist zunächst hervorzuheben, dass die Neigung des Hanges als wohl

42) „Travaux de défense contre les avalanches dans la vallée de Barèges"; par M. Campagne. Paris 1900.

nicht immer ausschlaggebend, aber doch als maßgebend angesehen werden muss.

Unregelmäßiges Gefälle ist der Lawinenbildung weniger günstig, als regelmäßiges. Ein terrassirter Hang kann das Entstehen von größern Grundlawinen verhindern. Das gleiche gilt von sanft verlaufenden Mulden, in welchen sich größere Schneemassen anzusammeln vermögen. Muldenförmiges, abschüssiges Terrain ist dagegen der Lawinenbildung förderlich, weil durch das sich am Muldengrunde ansammelnde Schmelzwasser der Schnee leicht in Bewegung geräth.

Eine hervorragende Rolle spielen die Masse des gefallenen Schnees und die herrschenden Witterungsverhältnisse. Während die Staublawinen zu Beginn und während des Winters am häufigsten zu beobachten sind, gehen die Grundlawinen zumeist zu Ende des Winters oder zu Beginn des Frühjahres, zur Zeit der Schneeschmelze, und zwar gewöhnlich innerhalb eines Zeitraumes von 14 Tagen ab. Ein zur Zeit der Schneeschmelze eintretender Regen befördert den Abgang von Grundlawinen ganz besonders. Oberlawinen bilden sich zumeist während der Monate December, Jänner und Februar. Bei ruhigem Wetter hält sich der Schnee bis zu einer bedeutenden Schichte am Hange; bei stürmischer Witterung rutscht er schon bei geringer Schichtenhöhe. Je bewegter die Luft, desto eher entwickeln sich daher die Lawinen und insbesondere die Staublawinen. Das Ueberspringen des Windes von einer in eine andere Richtung soll das Anbrechen von Lawinen ganz besonders begünstigen.

Der Grad der Sonnenwärme zur Zeit der Schneeschmelze ist von hervorragendem Einfluss auf den Abgang von Lawinen. Die Südabhänge, mit direct einfallenden Sonnenstrahlen, sind daher der Lawinenbildung günstiger als die Nordabhänge. Wegen der sich auf der Sonnenseite des Gebirges leichter bildenden Firnkruste, treten dort Oberlawinen häufiger als auf der Schattenseite auf. Bei windstillem Wetter und kräftigem Sonnenschein fällt die Zeit des Lawinensturzes nach Coaz auf die ersten Nachmittagsstunden, je nachdem der Hang etwas früher oder später von den Sonnenstrahlen getroffen wird. Bei Südwind, Scirocco, halten sich die Lawinen an keine Zeit mehr. Im Hochgebirge fallen übrigens Lawinen nicht selten bei jedem neuen Schneefall, selbst mitten im Sommer. Es wird auch beobachtet, dass Lawinen zumeist bei heiterer Witterung, seltener bei be-

wölktem Himmel abgehen, weil bei heiterer Witterung, namentlich wenn morgens Kälte eintritt, der Schnee, d h. die Eisfäden, welche ihn an die Bergseite festhalten, sich zusammenziehen, brechen und die Bewegung der Massen herbeiführen. Quell- und Sickerwässer, dann die Schmelzwässer durchfeuchten die untere Bodenschichte bis zur Sättigung und vermindern im Abwärtsgleiten auf der Trennungsfläche die Reibungswiderstände dortselbst. Sie sind sonach der Bildung von Grundlawinen förderlich.

Die geologischen Verhältnisse des Grundgesteines sind weiter sehr einflussnehmend. Die krystallinischen Massengesteine sind, bei gleicher Steilheit des Hanges der Lawinenbildung weniger günstig, als die krystallinischen Schiefergesteine, z. B. Glimmerschiefer, Flysch u. s. w. Stark in Verwitterung begriffenes Gestein ist der Bildung von Grundlawinen förderlicher als festes, obzwar große Steine und Felsblöcke dem Lawinenabgang mitunter gute Hindernisse bieten. Gefährlich und zwar im Hinblick auf das Abgehen von Grundlawinen, sind steile, mit Quell- und Sickerwässern durchtränkte Schichtenseiten, auf welchen die Bodenschichte stets feucht und im gefrorenen Zustand auch schlüpfrig bleibt. Die Seite der Schichtenköpfe mit rauher Oberfläche ist der Lawinenbildung, wenn nicht besonders starke Neigung vorhanden, weniger günstig.

Von Einfluss auf die Lawinenbildung ist die Beschaffenheit der Vegetationsdecke. Geradstämmiger, dichter, nicht zu alter Wald bietet die meisten Hindernisse. Weiden-, Krummholz-, Erlen-, Jungbuchen- und Junglärchenbestände können in Folge ihrer Elasticität die Bildung von Lawinen nicht immer und nicht überall verhindern. Rasen ist dem Abgleiten des Schnees günstig. In den über der Waldvegetation gelegenen sogenannten „Bergmähdern“ mit oft 40 bis 50 Grad Neigung, sind Lawinen am meisten zu beobachten. Insbesondere treten dieselben gerne im zweiten Winter dort ein, wo die Ernte nur jedes zweite Jahr erfolgt. Im ersten Winter nach der Heuernte geben nämlich die steifen Grasstoppeln noch einigen und zwar mehr Halt, als das lange und schlüpfrige Gras des zweiten Jahres.

Unter den Zufälligkeiten, welche die Lawinenbildung begünstigen können, ist das Abfallen von Eiszapfen, Steinen, Aesten und namentlich von Schneeschildern und Schneewächten, wie solche sich nicht selten an scharfen Gebirgsrücken, vorstehenden Felspartien etc. bilden, zu nennen.

Wird der Fuß einer Schneewand von einem Bache unterwaschen oder unterbricht eine Quelle, oder sonst ein Umstand den Zusammenhang der Schneemassen, so wird das Entstehen der Lawinen begünstigt. Im Thale St. Anton in Graubünden verfolgte nach Coaz im Jahre 1868 ein Jäger, durch eine Schneewand watend, die Spur eines Fuchses und gab so Veranlassung zur Bildung einer Lawine, die ihm das Leben kostete. Auf ähnliche Weise, d. i. durch selbst veranlassten Schneeabbruch, geht jährlich viel Wild, insbesondere Gemsen zu Grunde. Hinsichtlich zufälliger Erschütterung wird auch darauf verwiesen, dass die Landbevölkerung nicht selten sogar das Glockengeläute als Lawinen-Erreger fürchtet.

Der durch Lawinen verursachte Schaden ist mitunter ein ganz enormer. Viele Menschen und Thiere verlieren alljährlich im Hochgebirge durch Lawinen das Leben, und nicht nur einzelne Häuser, sondern mitunter ganze Dörfer werden verschüttet, sowie Communicationen zerstört, Waldbestände vernichtet, die Abflussverhältnisse in den Gebirgswässern wesentlich verschlechtert. Auch das Mittelgebirge ist nicht immer von Lawinen verschont.

Zumeist ganz besonders verheerend, weil ganz unberechenbar, wirken die Ober- und Staublawinen, die ersteren insbesondere in Folge des orkanartigen Sturmes, der durch das schnelle Abgleiten bedeutender Schneemassen verursacht wird. So wurde beispielsweise die Endgeschwindigkeit der im Jahre 1879 von den Nordhängen des Dobratsch abgestürzten Oberlawine, welche den Markt Bleiberg verschüttete, mit 145 Meter per Sekunde berechnet, während die stärksten Orkane in den Tropen nur eine Geschwindigkeit von 79 Meter erreichen.[43]) Bäume brechend und Häuser zerstörend, senken sich derartige Lawinen, von rasenden Wirbelwinden begleitet, zu Thale. Ganze Waldbestände fallen ihr zum Opfer und ihre Wirkung erstreckt sich stundenweit, oft selbst bis zu dem gegenüberliegenden Gelände breiter Thäler.

In gewisser Beziehung minder gefährlich, weil im Gegensatze zu den Staublawinen zumeist gewissen, bekannten Lawinenstrichen folgend, sind in ihrer Wirkung die Grundlawinen, und das auch schon deshalb, weil sie in der Regel zur Zeit der Schneeschmelze, also dann entstehen, wenn die Mächtigkeit der Schneeschichte oft schon wesentlich abgenommen hat. Für den Transport des

---

43) „Wildbäche und Lawinen, deren Wesen, Entstehung, Verbauung"; von G. R. Förster. Handbuch der Forstwissenschaft von Dr. Tuisko Lorey. Tübingen 1887.

Verwitterungsproductes sind aber gerade diese Lawinen von besonderer Bedeutung.

Unter dem Drucke der beweglichen Schneemasse wird nicht nur das lose am Boden aufliegende Verwitterungsproduct mitgerissen, es wird auch in Folge Erosionswirkung der schweren Schneemasse der Boden aufgewühlt, das Grundgestein bloßgelegt und so dem Verwitterungsprocesse in erhöhtem Maße unterworfen. Die mit Steinen, Erde, Rasenstücken, Wurzeln, Aesten, ja selbst Stämmen durchsetzte Schneemasse stürzt zu Thale und hemmt oft in Form eines Kegels den Lauf der Gewässer, wie dies aus Abbildung Nr. 13, Seite 50, ersichtlich ist. Im Jahre 1827 hielt eine gewaltige Lawine bei Süs den Inn eine halbe Stunde auf, so dass das Dorf vollkommen unter Wasser gesetzt wurde. Die Oberfläche eines solchen Lawinenkegels ist höchst uneben, porös, mit Löchern und Sprüngen versehen. Der Kegel einer Grundlawine ist größer, als jener einer Staublawine, deren Schnee theilweise verstaubt. Der Kegel der Lawine vom Jahre 1876, von Ratschitsch bei Zernez im Unterengadin, hatte eine Breite von 168 Meter, eine mittlere Höhe von 12 Metern, eine Maximalhöhe von 19,2 Metern und eine Länge von 300 Metern. Zur Einhaltung des Verkehrs musste eine Galerie von 75 Meter Länge durchgegraben werden. Der letzte Rest dieser Lawine schmolz erst im Sommer des darauf folgenden Jahres. Das Abschmelzen des Lawinenkegels beginnt fast sofort nach seiner Bildung. Namentlich tragen hiezu die Sonne, warme Winde, warme Regen und Quellen bei. Um dunkle Gegenstände herum, als Felsen, Bäume, die aus der Lawine hervorragen, schmilzt der Schnee besonders rasch, hauptsächlich auf der Südseite. Das Wasser zeigt zunächst die Tendenz, die Schneemassen von unten nach oben zu lockern, zu lösen und sich einen kanalartigen Abfluss zu schaffen. An Stelle des Lawinenkegels verbleibt endlich der Schotterkegel, bereit zur Thalfahrt im Falle höherer Wasserstände.

Ueber Lawinenschäden in Oesterreich und in der Schweiz geben die in den Fussnoten [44, 45 u. 46] angeführten Abhandlungen detaillirten Aufschluss.

---

44) „Ueber die Lawinen Oesterreichs und der Schweiz und deren Verbauungen"; dann

45) „Ueber den Schnee im Gebirge"; von Vincenz Pollak. Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines. Wien 1891.

46) „Der Lawinenschaden im schweizerischen Hochgebirge im Winter und Frühjahr 1887 u. 1888"; von J. Coaz. Bern 1889.

Ueber Lawinenschäden in den französischen Alpen berichten Demontzey[14]) und Campagne[42]) in den bezogenen Werken; auch der Bericht über den internationalen Forstcongress zu Paris, 1900,



Abbildung Nr. 13.
Lawinenablagerung in Schmittenbache bei Zell am See, Salzburg.

enthält Wissenswerthes über Lawinen und Lawinenschäden. Hierauf wird an anderer Stelle zurückgekommen werden.

Von Interesse, weil ein beiläufiges Bild der möglichen Beschädigungen entrollend, ist eine Zusammenstellung über den während des Winters 1895—1896 in Tirol und Vorarlberg erhobenen Lawinenschaden. Der „Bote für Tirol und Vorarlberg“ hat hierüber be-

richtet: Unter den Lawinenzügen, welche insgesammt eine Schneemasse von ca. 600000 m³ aufwiesen, werden als ständige 1355, periodische 765 und vereinzelt aufgetretene 527, zusammen 2647 gezählt. Nicht weniger als 53 Menschen haben durch die Lawinen den Tod gefunden. An Thieren wurden folgende Verluste constatirt: 6 Pferde, 38 Ochsen und Kühe, 121 Rinder, 11 Schweine, 105 Schafe, 100 Ziegen, 2 Maulthiere, 104 Gemsen, 23 Rehe, im Ganzen 510 Stück im Werthe von 17,318 fl. Die Zahl der zerstörten Baulichkeiten ist eine überraschend hohe gewesen. Es waren dies 103 Häuser, 94 Stallungen, 150 Alpenhütten, 445 Heustadln, 1 Waschküche, 245 verschiedene Oekonomiegebäude, 1 Stationshaus und ein Wächterhaus (Bahngebäude), 38 Schupfen, 52 Mühlen, 27 Futterhäuser, 29 Brücken, 1 Bergwerksgebäude, 4 Straßen, 9 Sägen, 2 Backöfen, 2 Kapellen, zusammen 1204 Objecte im Werthe von 278,789 fl. Der Schaden an vernichteten Fahrnissen, Lebensmitteln, Viehfutter und dergleichen bezifferte sich auf 8966 fl. Die Beschädigungen an Aeckern, Wiesen, Obstgärten u. s. w. betrugen 26,340 fl.; der Schaden an Einzäunungen 729 fl. Aber auch der Wald wurde von den Lawinen, die sich hoch über der Vegetationsgrenze gebildet hatten, hart mitgenommen; die verwüstete Fläche betrug 2020,65 Hectar mit einer beiläufigen Holzmasse von 302,343 Festcubikmetern und einem Schaden von 422,020 fl. Nach der vorgenommenen Bewerthung stellte sich demnach der Gesammtschaden, durch Lawinen in Tirol und Vorarlberg im Winter 1895/96 verursacht, auf 754,162 fl.

Außerdem wurde eine Person schwer verwundet, zwei Personen derart verletzt, dass sich eine mehrmonatliche Arbeitsunfähigkeit als Folge ergab; eine Frau ist wahnsinnig geworden. Außer den vorbezeichneten Objecten hat es sehr viele gegeben, die durch die abgegangenen Lawinen stark beschädigt worden sind; so wurde das Hôtel auf der Franzenshöhe zum Theil zerstört, drei Kirchen und ein Friedhof, ein Schutzhaus (die Augsburger Hütte), eine Kieswäscherei, ein Bergwerksgebäude mit Maschinen, eine Trinkkuranstalt beschädigt. Im Weiteren haben die Lawinen an 28 Gebäuden die Dächer eingedrückt, sowie Wasserleitungen und Stege abgerissen. Die an der Staatsbahn und an der Südbahn durch die Lawinen der genannten Jahre verursachten Verkehrsstörungen erforderten zu ihrer Behebung einen Aufwand von 70000 fl.

Erosion und Corrosion.

Die bei weitem größte Menge des von den Wildwässern und vom Wasser überhaupt transportirten Geschiebes und somit auch die größte Denudationsarbeit auf dem Festlande, ist auf die Erosion, Corrosion und auf die Unterwühlung der hangenden Bodenschichten, oder auch festerer Gesteine, die auf weichen, thonigen oder sonst leicht zerstörbaren Schichten ruhen, zurückzuführen.

Das Wasser zeigt das Bestreben, die Sohle des Rinnsales dann zu vertiefen, „zu kolken", wenn seine Kraft größer ist als der Sohlenwiderstand. Diese kolkende Thätigkeit des Wassers, welcher nicht immer mechanische Kräfte allein, sondern auch chemische Vorgänge zu Grunde liegen können, heißt erodirende Thätigkeit, Erosion oder genauer umschrieben „Longitudinal-Erosion."

Sie äußert sich nicht nur in der Vertiefung der Sohle, sondern im Zusammenhange hiemit auch in der Lockerung der Lehnenfüße und den mit beiden Erscheinungen verbundenen Folgen.

Als eine nur auf mechanische Kräfte zurückzuführende Erosionswirkung ist die Bildung der sogenannten Erdpyramiden oder Erdpfeiler, im Gebirge auch „Mandeln" genannt, anzusehen, welchen Lyell große Aufmerksamkeit zugewendet hat. Sie sind insbesondere im Glacialschutte und auch sonst in leicht zerstörbaren mächtig geschichteten Materialien, in welchen grobe Blöcke eingestreut sind, zu finden. Die Höhe dieser Gebilde beträgt nicht selten bis 50 m und ihr Entstehen ist darauf zurückzuführen, dass das Wasser ursprünglich ganz schmale, tiefe Canäle in dem lockern Material gegraben hat, deren Erweiterung und sanftere Böschung der Wirkung des von den Wänden ablaufenden Regenwassers zuzuschreiben ist. Die im Laufe der Erosionswirkung hervortretenden größeren Blöcke bilden ein schützendes Dach für die sich unterhalb immer mehr und mehr entwickelnden Säulen. Derartige Erdpyramiden finden sich in den Wildbächen nicht selten vor, so besonders schön entwickelt im Avisiogebiet bei Segonzano in Südtirol, Abbildung Nr. 14, Seite 53, und im Finsterbache bei Bozen, dann auch in den Schweizer Alpen, so die Erdpyramiden von Useigne im Val d'Hérémence im Kanton Wallis. Die letzteren, 30—50 m hoch, sind aus den Endmoränen des Val d'Hérémence durch Auswaschungen entstanden. Abbildung Nr. 15, Seite 54, zeigt einzelne solcher Erdpyramiden.

Aehnliche Gebilde finden sich auch in den französischen Hochalpen, dort „Demoiselles" genannt, so in den Wildbächen „de

l'Ubac", „de Théus", „de Valauria" und an vielen anderen Orten. Immer bilden sie einen gefährlichen Herd der Materialbeschaffung, denn ihrer Entwickelung kann ohne großen Aufwand an Kosten und Arbeit nicht gesteuert werden.



Abbildung Nr. 14. Die Pyramiden von Segonzano in Südtirol.

Aehnliche Pyramidenbildungen sind übrigens auch dort anzutreffen, wo einzelne Partien eines Gesteines durch größere Widerstandsfähigkeit ihrer Umgebung gegenüber ausgezeichnet sind.

Auf mechanische und chemische Wirkung des Wassers und vielleicht auf die letztere vorwiegend, ist der unterirdische Verlauf der Bäche der Kalkalpen zurückzuführen. Sie ähneln in

ihrem Verhalten den Bächen der Oberfläche. Auch sie nagen an ihrem Felsenbette, welche Thätigkeit als „Corrosion“, Erosion im festen Fels, bezeichnet wird, doch werden sie darin vornehmlich



Abbildung Nr. 15.
Erdpyramidenbildung im Wildbache „de l'Ubac“. Französische Hoch-Alpen.
Aus dem Prachtwerke von Eugène de Gayffier: „Reboisement et Gazonnement des montagnes“.

durch den Kohlensäuregehalt des Wassers, durch welchen gewisse Mengen kohlensauren Kalkes zur Lösung gebracht werden, unterstützt.

Gleichwie die Verwitterung, so arbeitet auch die Erosion seit undenklichen Zeiten an der Umgestaltung der Erdoberfläche, an der Thalbildung auf derselben. Gewaltige Zeugen, wie die be-

rühmten Canons Nordamerikas und die großartigen Klammen unserer Hochalpen bekräftigen ihre nimmer ruhende Thätigkeit. Die Erosion wird umsomehr zur Geltung kommen müssen, je größer die Kraft des Wassers einerseits und je geringer der Widerstand des der Erosion unterworfenen Gesteines andererseits ist. Bei gleichen geognostischen Verhältnissen wird also die Wirkung der Erosion von dem mehr oder minder rapiden Abflusse der Meteorwässer, im Zusammenhange hiemit von dem Gefälle, dann von dem Grade der Verwitterung und von dem Umstande, ob das Wasser wegen der vorhandenen Vegetationsdecke überhaupt und in welchem Maße zu erodieren im Stande ist, abhängig sein. In manchen Fällen kann die Wirkung der Erosion, außer, wie schon berührt, durch chemische Vorgänge noch durch jene Geröllmassen unterstützt werden, welche aus höheren Lagen von den Wässern thalabwärts geführt werden und den Boden aufwühlen oder abreiben.

Die geognostischen Verhältnisse anlangend, liegt es in der Natur der Sache, dass die meisten krystallinischen Massengesteine, als Granit, Syenit, Diorit, Tonalit, Porphyr u. s. w. der Erosion im geringen Maße und in der Regel auch nur dann unterworfen sind, wenn die Verwitterung ihren zerstörenden Einfluss an diesen Gesteinsarten bereits mehr oder minder ausgeübt hat. Dass aber Wasser auch in Eruptivgestein erodiren kann, ist einem Beispiele zu entnehmen, das Hauer[47]) anführt: „Im Jahre 1603 ergoss sich in das Flussbett des Simeto in Sicilien ein Lavastrom des Aetna und folgte auf eine längere Strecke demselben. In das dichte, feste, basaltische Gestein dieses Lavastromes hat sich nach den Untersuchungen von Lyell in der Zeit von nicht ganz 240 Jahren der Simeto ein neues Bett gegraben, welches 12—15 m tief und stellenweise bis 100 m breit war.“ Unter den krystallinischen Schiefergesteinen ist es namentlich der Gneis, der der Erosion bedeutenden Widerstand leistet, wogegen die verschiedenen Schieferarten, als Glimmer-, Chlorit- und Talk-Glimmerschiefer u. a. m. dem Wasser günstige Böden für die erodirende Thätigkeit bieten. In ganz besonderem Maße gilt das letztere aber von den meisten Sedimenten, also von den thonigen, kalkigen, sandsteinartigen und Brecciengesteinen. Unter diesen

---

47) „Die Geologie und ihre Anwendung auf die Kenntniss der Bodenoberfläche der österr.-ungarischen Monarchie“; von Franz R. v. Hauer. Wien 1878.

ist es besonders der Glacialschutt, der ganz besondere Beachtung verdient, weil das Wasser in diesen wüsten Geröllhaufen ungemein leichtes Spiel findet und weil das Vorkommen desselben in den Alpen als ein leider nur zu häufiges bezeichnet werden muss.

Domaszewski[48]) äußert sich hinsichtlich des Glacialschuttes wohl mit Recht wie folgt: „Diese Moränen aus der Eiszeit, ihr Geröll, ihr Schotter, ihr Sand, wenn sie nicht in den Gebirgsseen ersäuft, wenn sie nicht in rationeller Weise im Gebirge und in dessen Thälern angehalten werden, bringen nur Verderben in die untern Thäler und weit hinab in die Ebene, sogar bis ans Meer." Die Bedeutung des Glacialschuttes im Wildbachgebiete hat, wie schon an geeigneter Stelle hervorgehoben, Suda veranlasst, jene Wildbäche, die vorwiegend in diesem Gerölle wühlen, als zu einer ganz besonderen Art gehörig, hinzustellen.

In Abbildung Nr. 16, Seite 57, ist der gewaltige, muschelförmige, von Erosionsrinnen durchfurchte Ausriss im Glacialschutte, die ca. 1800 m lange und 500 m breite „Scesa" bei Bludenz in Vorarlberg ersichtlich. Infolge des außerordentlichen Reichthumes des Sammelgebietes an Quell- und Sickerwässern werden die von jeder schützenden Vegetationsdecke entblößten, aus lockerem Materiale bestehenden Lehnen breiartig durchweicht, und durch die stete Vertiefung des Hauptgerinnes sowie das hiedurch bewirkte Unterwühlen der seitlichen Ufer ins Rutschen gebracht. Um sich von der Großartigkeit der dadurch hervorgerufenen Bewegungen einen annähernden Begriff machen zu können, sei erwähnt, dass die hinteren Bruchpartien beinahe senkrechte, 80—100 m hohe Wände bilden, denen die abgebrochenen, vom Wasser durchtränkten Hänge, zwischen welchen das Wasser des Hauptgerinnes, über zahlreiche Kaskaden stürzend, der Tiefe zueilt, vorgelagert sind.

Auf die Vehemenz des Wasserabflusses, von welcher unter sonst gleichen Verhältnissen das Maß der Erosionswirkung abhängig ist, hat neben der Wassermenge das Gefälle grossen Einfluss. Es soll der diesbezügliche Zusammenhang an anderer Stelle und zwar bei Besprechung der Erosionsgesetze erörtert werden. Außerordentlich schwankende Wasserstände, wie solche namentlich in den Wildbächen vorherrschen, erhöhen unter sonst gleichen Verhältnissen die Erosionswirkung. Gewiss haben sonach auch

---

48) „Das Wasser als Quelle der Verwüstung und des Reichthumes"; von Victor von Domaszewski. Wien 1879.

sowohl klimatische Verhältnisse, welche die Schwankung in den Wasserständen bedingen, auf die Erosionswirkung Einfluss. Je weiter die Verwitterung des Gesteines fortgeschritt n ist, je mehr dasselbe in seinem Zusammenhange gelockert wurde,



Abbildung Nr. 16. Die Scesa bei Bludenz, Vorarlberg.

desto fühlbarer wird die Erosionswirkung sein. Da aber die mehr oder minder rasche Herbeiführung jenes Zustandes der Verwitterung, welcher vom Standpunkte der Verschleppung der Verwitterungsproducte zu fürchten ist, wesentlich von der Beschaffenheit der Vegetationsdecke, respective von den Bewaldungsverhältnissen abhängt, so kann hieraus wieder und dies umsomehr

auf die Bedeutung der Vegetationsdecke und insbesondere des Waldes im Wildbachgebiete, was die Einschränkung der Erosionswirkung anbelangt, geschlossen werden, als auch die Gleichmäßigkeit des Abflusses durch Verringerung der zu Thale eilenden Wassermengen und die Erhöhung des mechanischen Widerstandes des Bodens gleiche Ursächlichkeit haben. Der Einfluss der Vegetationsdecke und insbesondere des Waldes auf das Regime der Gewässer im allgemeinen und auf die Erosionswirkung im besonderen ist so bedeutungsvoll, dass der Erörterung desselben ein eigener Abschnitt gewidmet werden soll.

In mehr untergeordnetem Maße wirken in den Wildbächen Bergstürze, Steinschläge, dann Gletscher und Eis-Lawinen erodirend. Die directe Wirkung des Hagels, wenn man sie als Erosionswirkung bezeichnen will, ist mitunter bei Vorhandensein lockerer, mächtiger Geröllschichten eine ganz bedeutende. Die Erosionswirkung des Windes, wie solche bei Flugsandbildungen zu beobachten ist, oder sich in Folge des Triebsandes fühlbar macht, soll, weil für die Zwecke dieser Abhandlung belanglos, nicht in Betracht gezogen werden.

Auch Eingriffe des Menschen, so z. B. das Benützen der Rinnsale als Abfuhrswege, der Erdriesen zum Holztransporte, der Triftbetrieb mit und ohne Klauswässern u. dgl. m. sind es, welche die Erosion begünstigen.

Strenge genommen ist von Erosion das Lostrennen der oberen Bodenschichte in breiteren Flächen, verursacht durch oberflächliche Abschwemmung in Folge des raschen Wasserabflusses der Meteorwässer oder durch Hagel und Wind, zu scheiden. Die weichen, namentlich stark lehmigen und thonigen Schichten werden, mit Wasser oder Hagel vermengt, zu einem schweren zusammenhanglosen Brei, der sich ungemein leicht an der Böschung thalwärts bewegt. Sobald dann die Austrocknung eintritt, werden solche Böden leicht rissig, blättrig, formen eine Masse, die selbst im trocknen Zustande, weil cohäsionslos, sich auf der Böschung nicht zu halten vermag und schon von starken Luftströmungen in Bewegung gesetzt werden kann.

Die Corrosion, im Gegensatze zur Erosion, auch Lateral- oder Transversal-Erosion genannt, besteht in dem seitlichen Angriffe der Lehnenfüße, der Böschungen und Ufer und den hiemit verbundenen Folgen.

Obzwar die Corrosion mit der Erosion in einem gewissen

Zusammenhang insofern steht, als mit dem Eintritte der letzteren die erstere verbunden sein kann, so sind doch die Ursachen, die zur Corrosion führen, das Vorhandensein des corrodirbaren Materiales vorausgesetzt, vorwiegend in den örtlichen Verhältnissen, in der Situation gegeben.

Alle localen Ursachen, die das Anschmiegen der Strömung an lose Ufer begünstigen, oder den Wasseranprall an solche Ufer bedingen oder hervorrufen, führen zur Corrosion. Verklausungen in den Gerinnen, verursacht durch Geröll- und Lawinenkegel oder durch Holzmassen, Kiesbankbildungen, sonstige sich dem Wasserlauf entgegenstellende Hindernisse, können durch Verwerfung des Stromstriches Corrosion hervorrufen. Auch der mit Querprofilveränderungen verbundene Wechsel der Wassergeschwindigkeit und Wassertiefe kann Corrosion vermitteln. Eisgang und Triftbetrieb wirken durch den Anprall von Eis und Holz an die Ufer corrodirend. Auch Gletscher reiben die Wandungen ihres Bettes in nicht unbedeutendem Maße ab.

Die Corrosionswirkung des stehenden Wassers, des Meeres, bezw. des Windes an der Meeresküste, bildet für sich einen gesonderten interessanten Gegenstand, bezüglich dessen, insoweit gewisse Theile der Küste Frankreichs in Frage kommen, auf eine jüngst erschienene Abhandlung von Lafond[49]) hingewiesen wird.

Unterwühlung.

Wie schon an geeigneter Stelle hervorgehoben, besteht die unterwühlende Wirkung des Wassers in der Unterwaschung lockerer Bodenschichten oder festeren Gesteines, in der Aufweichung thoniger oder sonst leicht zerstörbarer Schichten, welche unter härteren Felsmassen liegen oder mit solchen wechsellagern. Unter gewöhnlichen Verhältnissen ist es die oberste, lockere, wasserdurchlässige, „permeable“, Schichte, welche auf der darunter liegenden, mehr oder minder wasserundurchlässigen, „impermeablen“, durch die Thätigkeit des Wassers zum Gleiten veranlasst wird. Der Zusammenhang dieser beiden Schichten, von welchen die letztere entweder felsig oder aber aus weicherem thonigen Gesteine zusammengesetzt ist und im Gegensatze zu der oberen „hangenden“ als die „liegende“ Schichte bezeichnet wird, ist von verschiedenen Factoren abhängig.

---

49) „Les paysages des dunes et les travaux de défense contre l'océan“; von M. A. Lafond. Paris 1900.

Zunächst sind es Cohäsion und Reibungswiderstände, welche den Zusammenhang bedingen. Bei Abwesenheit aller anderen, die Bewegungstendenz fördernden Factoren, wird sich die obere Schichte im Gleichgewichte erhalten, wenn sie ein ihrer Cohäsion entsprechendes Böschungsverhältniss besitzt und wenn die Reibungswiderstände an der Trennungsfläche groß genug sind, um sie vor dem Abgleiten zu bewahren. Die Cohäsion und der Feuchtigkeitsgehalt stehen aber insofern in einem innigen Zusammenhange, als mit der Zunahme des letzteren die Volumensvergrößerung bei gleichzeitiger Gewichtszunahme und Cohäsionsverminderung verbunden ist.

Es ist bekannt, dass die Niederschlagswässer directe von oben her die oberflächliche, wenn noch so lockere Bodenschichte nicht tief zu durchtränken vermögen und der Hauptsache nach, wenn nicht durch Hindernisse aufgehalten, zu Thale eilen. Jene Niederschläge aber, welche sich an der Terrainoberfläche, sei es in Form flüssigen oder festen Niederschlages sammeln können, von der Pflanzendecke oder sonstwie zurückgehalten werden, dringen allmählich durch die Risse, Spalten, Hohlräume des Bodens in denselben ein und gelangen so in tiefere Schichten, mitunter auch in beträchtliche Tiefen.

Sobald sich diesem ihren Eindringen eine festere, mehr oder minder wasserundurchlässige Schichte, so z. B. die vorgenannte „liegende“ entgegenstellt, beginnt ein Theil des Wassers auf der Trennungsfläche nach abwärts zu gleiten und dort in der Regel die Reibungswiderstände zu verringern. Der andere Theil steigt vermöge seiner Capillarität in der oberen Schichte auf, diese von unten nach oben hin durchfeuchtend, ihr Volumen und ihr Gewicht vermehrend und ihre Cohäsion vermindernd. Mit der Zunahme des Sättigungsgrades der oberen Schichte hält der oberirdische, aber auch der unterirdische Abfluss auf der Gleitfläche oder in größeren Tiefen gleichen Schritt. So kann ein Moment gedacht werden, in welchem sich die so veränderte obere Schichte auf der Gleitfläche nicht mehr zu halten vermag und zur Absitzung veranlasst wird. In ähnlicher Weise kann das in größere Tiefen gelangende Wasser durch unterlagernde Schichten in seiner directen Bewegung nach abwärts gehindert werden und unterwühlend thätig sein.

Naturgemäß sind die Lagerungs- und Schichtungsverhältnisse für das Entstehen von Absitzungen ohne und infolge Unterwühlung

sehr maßgebend. So können diese Verhältnisse allein schon größere Rutschungen veranlassen, wenn der Neigungswinkel der Schichten gegen den Horizont ein so großer ist, dass die Schwerkraft die Reibungswiderstände und die Cohäsion der Massen überwiegt.

Als allgemeiner Grundsatz muss aber angenommen werden, dass die Bewegung der hangenden Massen um so leichter eintritt, je fester die Bodengattung ist, welche einer darüber liegenden weicheren eine Gleitfläche bietet — Thonschiefer unter thonigem Sand oder Humus —, im Gegensatze zu jenem Falle, wo die liegende Schichte aus weicheren, vielleicht thonigen Bodenarten formirt ist. Unter diesen letzteren Lagerungsverhältnissen wird durch das Gewicht der oberen und die Weichheit der unteren Masse ein Ineinanderpressen der Trennungsflächen, eine Erhöhung der Reibungswiderstände verursacht. Bei ersteren Bodenarten also, welche den überlagernden Massen Gleitflächen bieten, bedarf es eines geringeren Neigungswinkels der Schichten, als bei weichen, um unter sonst gleichen Verhältnissen Abrutschungen hervorzurufen. In ausführlicher und klarer Weise hat Tiefenbacher[50]) alle jene Verhältnisse beschrieben, welche zu den gedachten Absitzungen führen, und es muss für den vorliegenden Zweck genügen, darauf zu verweisen. Hinsichtlich des Verhaltens des Thones und der thonigen Bodenarten, welche der unterwühlenden Wasserthätigkeit besonders unterliegen, hat Thiéry[23]) im Hinblick auf die in den Wildbächen vielfach zu bobachtenden Erscheinungen Aufschluss zu geben versucht. Während der trockene oder nur wenig feuchte Thon sehr bedeutende Cohäsion besitzt, verringert sich bekanntlich diese letztere bei Aufsaugung von Wasser in ganz beträchtlichem Maße bis zur Veränderung in einen ganz weichen Brei. Auf diese Eigenschaften des Thones fußend, unterscheidet Thiéry drei Fälle des Eintretens von Rutschungen. Bedeutet *MN*, Fig. 1, die Trennungslinie zwischen der oberen, wasserdurchlässigen und der unteren, thonigen Schichte und wird angenommen, dass sich in dieser letzteren eine, z. B. als Schichtenfuge zu betrachtende Spalte *AB* befindet, in welche das Wasser nach Durchtränkung der oberen Schichte reichlich einzudringen vermag, so kann sich in Folge des hydrostatischen Druckes und der Cohä-

---

50) „Die Rutschungen und ihre Ursachen, Wirkungen und Behebungen"; von Ludwig E. Tiefenbacher. Wien 1880.

sionsverminderung der Theil *ABCM* von der Böschung lostrennen und den Theil *ADM* der oberen Schichte mit sich reißen. Findet aber das auf der Trennungsfläche abgleitende Wasser in seinem Abflusse ein Hinderniss, wie dies z. B. im Falle des Einfrierens der Böschung unter gleichzeitigem reichlichen Zuflusse des Schneewassers in das Terrain, vorkommen kann, so beginnt das Wasser die thonige Schichte rascher bis zu einer gewissen, durch die Linie *mn* gegebenen Tiefe derart zu durchfeuchten, dass sich die Böschung *mM* unter dem gegebenen Neigungswinkel nicht zu halten vermag und den Ausgleich nach *mA* trifft, dabei aber wieder das Stück *ADM* mit sich reißt. Der dritte Fall liegt dann vor, wenn die Trennungsfläche *MN* so stark geneigt ist, dass die Bewegung der oberen Schichte schon bei der geringsten Aufweichung, Verseifung der thonigen Schichte eintritt.

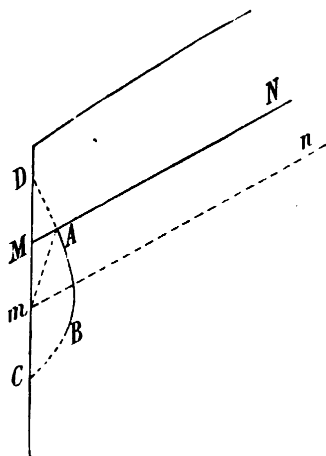


Fig 1.

Theoretisch genommen, ist die Bewegung der Terrains gleichwie die Bewegung eines jeden Körpers auf schiefer Ebene immer dann ausgeschlossen, wenn die Tangente des Neigungswinkels kleiner oder höchstens gleich dem Reibungscoefficienten ist, in welch' letzterem Falle der Neigungswinkel auch der Ruhewinkel genannt wird. Sobald der Tangentenwert den Wert des Reibungscoefficienten übersteigt, ist Bewegung zu erwarten, was gewiss immer dann eintritt, wenn eine sehr dünne Thonschichte zwischen einem durchlässigen und einem felsigen Boden gelagert ist und in Folge der Uebersättigung mit Wasser zu einem Brei, welcher keinerlei Reibungswiderstände bietet, verwandelt wird.

Die Abbildung Nr. 17, Seite 63, stellt eine Glacialschutt-Bruchfläche im Val Canali des Cismonegebietes, Südtirol, dar, deren Entstehen, gleich wie dies bei der Scesa, Abbildung Nr. 16 der Fall, unter anderem auf die unterwühlende Thätigkeit der Sickerwässer zurückzuführen ist. Auch hier sind zahlreiche Erosionsrinnen bemerkbar.

Es bedarf keiner weiteren Erwähnung, dass die Bewegungstendenz unterwühlter Bodenschichten durch alle jene Verhältnisse,

welche die Verwitterung, also Cohäsionsverminderung derselben, oder das Eindringen der Wässer in den Boden begünstigen, wie letzteres beispielsweise bei Bewässerungs- und Trinkwasserleitungen im Gebirge oder durch Viehtritt nicht selten der Fall ist, dann



Abbildung Nr. 17.
Bruchlehne mit Runsenbildung im Val Canali, Cismonegebiet, Südtirol.

durch die Lockerung oder Corrosion des Böschungsfußes gefördert oder im letzteren Falle selbst wach gerufen werden kann.

Gewiss übt sonach Pflanzenwuchs, wenn die Gefahr der Absitzung durch Unterwühlung droht, namentlich dort einen günstigen Einfluss, wo er durch sein Wurzelsystem den Zusammenhang der

Bodenschichten erhöht, ohne gleichzeitig, wie dies bei hochstämmigen und zugleich flachwurzeligen Waldbeständen, Fichtenbeständen, auf seichtgründigen Böden der Fall sein kann, durch die Schwere der oberirdischen Masse, die sich insbesondere bei starken Luftströmungen durch Hebelwirkung bemerkbar macht, die Bewegungstendenz des Erdreichs zu fördern. Es wird hierauf noch zurückgekommen werden.

Murgänge.

Ihrer Ursächlichkeit halber wurde die Besprechung jener Erscheinung, welche in Tirol und anderswo vielfach als „Mure", „Murbruch" oder „Murgang" benannt wird, in die letzte Linie gestellt. Der Begriff „Mure" gleichbedeutend mit „Rüfe" in der Schweiz, „Gieße" in Kärnthen, „lave" in Frankreich, formulirt sich am klarsten durch die Bezeichnung „Schlamm- oder Schuttstrom", vergleichbar in gewisser Beziehung mit der steinigen, in fließende Bewegung gesetzten Lavamasse.

Es scheint daher in gewisser Beziehung unzutreffend, der Erscheinung des Murganges, mit welcher sich der Begriff des Transportes großer Massen verquickt, auch die Bezeichnung „Murbruch" zu geben, denn unter „Murgang" ist eben die in fließende Bewegung versetzte und nur durch besondere Ursachen momentan zum Stillstande gebrachte, dickflüssige Masse zu betrachten, während der „Murbruch" nur den Charakter und die Ursachen des Bergsturzes an sich haben oder aber als die in Folge Erosions- und Corrosionswirkung hervorgerufene Grundursache des „Murganges" angesehen werden kann.

Das Wesen der Mure oder des Murganges und gleichzeitig auch die Ursachen seines Entstehens, können nicht besser, als durch die folgenden Worte Breitenlohners[1]) gekennzeichnet werden: „Lassen wir einmal, eingekeilt zwischen den Bergflanken, einen ausgiebigen Wolkenbruch niedergehen oder über ganze Gebirgszüge einen Dauerregen sich ausschütten, da rollen sich gleichsam massirte Truppen zum Hauptstosse auf. Von den glatten, abgeschabten Alpenböden stürzt das Wasser eilends in eine Bachrunse zusammen. Die Sturmkolonne auf die tiefer liegende Region ist formirt. Das zusammengeschwemmte Wasser schleppt bereits Erdreich und Gebirgsschutt mit sich. Das starke Gefälle steigert im hohen Grade die Wirkung der Sturzmasse.

Das lose Bett des Bachrunstes wird aufgerissen und der Fuß eines schuttigen Hanges unterwaschen. Der Widerlager beraubt, gleitet eine Uferwand in die gehetzte Fluth, welche sich aufbäumt und im Sprunge, gleich einem Raubthiere, auf die andere Böschung sich wirft, sie gleichfalls untergrabend. So wühlt und frisst sich das Wasser immer weiter und tiefer in die Schuttlehnen ein.

Mächtige Felsblöcke werden losgespült und sausen wie Fangbälle in den Abgrund. Nun berennt das Wildwasser die Waldungen. Links und rechts krachen die Bäume nieder und hinterher stürzt der Boden. Von obenher drängt verstärkter Nachschub und immer unwiderstehlicher wird der Vorstoß. In Galopp, mit Sätzen einer brutalen Bestie, tobt die Mure, eine dämonische Allianz zügelloser Naturgewalten, der Thalrichtung zu. Der mit rasendem Ungestüm einherbrausende Strom bohrt und erzwingt sich neue Bahnen, auf welchen er fortstürmt, ohne bestimmte Straßenlinien beizubehalten. Es ist kein Bett, kein Rinnsal mehr, nur eine grauenhafte Flucht stürzender Massen, vergleichbar den wüsten Raubzügen wilder Kriegshorden der Vorzeit, vor sich die Schrecken, hinter sich die Greuel.

Alle die vielen Arme und Zweige des Murganges streben nur einem einzigen Wasserrisse, einer Sammelrinne, einem Tobel zu, vorgezeichnet durch zusammenrückende Felsrippen. Die Passage gestaltet sich zu einer Klamm, einer Schlucht, einem Schlauch. Es ist eine Erosionsspalte, eingesägt in einen Felsriegel und ausgehöhlt zu abgrundtiefen Schlünden. Da verklemmt sich zwischen den felsstarren und scheitelrechten Seitenwänden ein herabgewälzter Blockkoloss. Baumstämme verspreizen sich und verrammeln den Ausweg. Rasch sind die Wasserlücken verlegt. Hundert Fuß hoch und höher staut sich die Masse. Es tritt eine Verklausung ein, es bildet sich ein Verhau, eine Barrikade. Der Druck der Schutt- und Wasserlasten hämmert mit ungeheuerer Gewalt gegen das cyklopische Schleußenthor.

Düstere Anzeichen lassen das Anrücken der Mure ahnen. Von ferne vernimmt man im heillosen Getümmel ein unbeschreiblich hohles, alles übertäubendes Gepolter, eine Kanonade bei Sturmgeheul, stundenweit hörbar. Da erhebt sich mit einem Male ganz nahe ein entsetzliches Getöse; eine grauenhafte Dissonanz von Dröhnen, Krachen, Brausen und Rauschen erfüllt die Luft. Im Aufruhr der Elemente erbebt der Boden. Wandartig und haushoch bricht brüllend der Wasserschwall mit seiner ganzen un-

heimlichen Ladung aus dem Zwinger hervor. Gleich der Windsbraut stürmt voraus die gepresste Luft.*)

Das sind die Abzugscanäle der Unwetter und Regengüsse im Hochgebirge, eine furchtbare Bergplage, der schrecklichste der Schrecken, fast noch schrecklicher als die Windlawine. Anastasius Grün bringt einen großen Weltgedanken in poetisch-philosophische Form, wenn er sagt, es fliege den stolzen Bergriesen nur so etwas Staub von den Sohlen.

Einigemale hintereinander wiederholt sich dieses Schauspiel wildester Bergromantik. Oft geht Mure auf Mure nieder. Aber lahmgelegt erscheint plötzlich die unbändige Gewalt. Die lebendige Kraft des Sturzfalles hat eine andere Bewegungsform angenommen. Das vorerst rapide Gefälle ist jählings abgesunken, und wie ein ausgespannter Fächer stöbert an der Ausgusspforte der Schuttstrom auseinander. Kaum merklich stößt sich die Steinmasse abwärts, ein wahrhafter Gletscher, eine wandelnde Felsruine, ein demolirter Berg, wie Berlepsch diese Vorgänge in den Schweizer Alpen so treffend und farbenreich schildert. Allmählich, ruckweise kommt die gleitende Trümmerdecke zur Ruhe."

Aus dieser Beschreibung, die an Richtigkeit und Lebhaftigkeit nichts zu wünschen übrig lässt und die durch die beste Abbildung nicht ersetzt werden kann, geht hervor, dass die Ursachen des Murganges die mannigfachsten sein können, aber stets, von der ersten Vorbedingung, der Heftigkeit und Plötzlichkeit der Niederschläge, Raschheit der Schneeschmelze abgesehen, in Bergstürzen, starker Erosions- oder Corrosionswirkung, in sonstiger Unterwühlung, in durch Lawinen, Gletscher oder wie immer hervorgerufenen Verklausungen, wohl auch in der allmählichen Aufspeicherung und schließlichen Inbewegungsetzung bedeutender Massen von Verwitterungsproducten zu suchen sind. Die Abbildungen Nr. 18 u. 19, Seite 67 u. 68, zeigen zwei Murgänge verschiedener Art.

Jener im Karmelitergraben, Abbildung Nr. 18, ist infolge eines Terrainbruches rasch zur Entwickelung gelangt und hat mit elementarer Gewalt, gleich wie große Wassermassen, eine tiefe Erosionsrinne gegraben.

---

*) Surell[10]) behauptet, dass die Gewalt des der Mure vorangehenden Windes oft so stark sei, dass große Felsblöcke im noch trockenen Bachbette von ihm ins Rollen gebracht werden. Costa de Bastelica[16]) widerspricht dieser Anschauung.

Jener im Ferschbache, Abbildung Nr. 19, auf die Durchfeuchtung des ausgedehnten Thalbodens zurückzuführen, ungleich mächtiger als der erstere, bewegt sich langsam, träge nach abwärts und endet mit einem gewaltigen Abbruche an einer Felsenkaskade.



Abbildung Nr. 18. Murgang im Karmelitergraben, Draugebiet, Tirol.

Vielfach führen mehrere der erwähnten Ursachen vereint zur Bildung der Mure.

Die Erscheinung des Murganges bildet die höchste Potenz der verderbenbringenden Thätigkeit des Wildbaches; er führt offenbar zu jenem Zustande, welchen Kovatsch[24]) als die „Verwickelung" oder „Peripetie", im Gegensatze zur „Entwickelung" oder „Ex-

position“ und „Abwickelung“ oder „Katastrophe“ in der Thätigkeit des Wildbaches unterschieden wissen will. Nicht unschwer ist diese Abstufung aus der citirten Beschreibung Breitenlohners herauszulesen. In theilweiser Uebereinstimmung mit ihr steht auch die sich auf die Erscheinung des Murganges beziehende Eintheilung der Thätigkeit des Wildbaches nach Kreuter[26]), welcher



Abbildung Nr. 19. Mure im Ferschbache, Stubachthal, Salzburg.

die „Entwickelung“, die „Ingangsetzung der Mure“ und das „Versiegen“ unterscheidet.

Es ist übrigens nicht erforderlich, dass sich die Erscheinung des Murganges, des Massentransportes, wie das bisher gemeint war, an der Bodenoberfläche, also sichtlich vollziehe. Ein solcher Murgang ist auch dann denkbar, wenn das Gefälle der Rinnsalsohle hinreichend groß ist und das Wasser in das vorhandene tiefe Schotterfeld einzudringen vermag. Der Massentransport findet dann, mitunter auch tief unter der Bachsohle vor sich gehend, nicht sichtlich statt.

Das Vorhandensein derartiger Geschiebeströmungen ist nicht selten zu beobachten. Pestalozzi[51]) gibt hierüber folgendes Beispiel:

Beim Baue des Birsig-Viaductes in Basel wurde das Versetzgerüste vom Hochwasser unterspült und umgestürzt. Ein Wellbock, welcher bei diesem Anlasse in das Wasser fiel, wurde vollständig von Kies bedeckt und konnte nicht mehr gefunden werden. Einige Jahre später kam derselbe ungefähr 300 m weiter flussabwärts bei Ausgrabung der Fundamente für eine Fabrik in einer Tiefe von nahezu 3 m unter der Flusssohle zum Vorschein. Es scheint also hier, wie das in vielen anderen ähnlichen Fällen beobachtet werden konnte, eine Bewegung der ganzen Flusssohle stattgefunden zu haben.

Es besteht kein Zweifel darüber, dass Murgänge so alt sind, als es überhaupt einen Abtrag im Gebirge gibt, und Breitenlohner[4]) behauptet, dass die vermuthliche säculare Periodicität dieser Erscheinung auf ganz außerordentliche, seltene Umwälzungen meteorologischer Natur zurückzuführen ist. Frech[40]) stellt in seiner, das Wesen der Muren eingehend behandelnden, mehrfach bezogenen Schrift, unter andern als Ergebniss seiner Studien die Behauptung auf, dass in prähistorischer Zeit, während und nach dem Abschmelzen der diluvialen Gletscher, die transportirende Thätigkeit der Muren eine der Vorbedingungen für die Festlegung der beweglichen Schuttmassen, für die Entstehung einer Pflanzendecke und somit für die spätere Besiedelung des Gebirges war.

Um auf die schon berührte Ursächlichkeit der Murbildung zurückzukommen, muss erkannt werden, dass dieselbe im Zusammenhange mit allen jenen Umständen steht, welche Verwitterung, Erosion, Corrosion, Unterwühlung, Abgang von Lawinen und alle sonstigen, materialschaffenden Processe zu begünstigen im Stande sind und dass sie daher, gewiss nicht im geringsten Maße, auf sorglose Bewirthschaftung des Waldes und der Weidegründe zurückzuführen ist.

Es liegt in der Natur der Sache, dass, wie Breitenlohner[4]) sagt, in den Centralalpen und ähnlichen Gebirgen, deren krystallinisch massiger Kern von einer weicheren, vielgestaltigen Schieferhülle umgeben wird, Murgänge viel häufiger zu beobachten sind, als

51) „Die Geschiebebewegung und das natürliche Gefälle der Gebirgsflüsse“; von Karl Pestalozzi.

beispielsweise in den Kalkalpen, welche der Erosion, Corrosion und Unterwühlung weniger, mehr hingegen der Verwitterung unterworfen sind. Besonders für Murbildung geeignet sind lockere Böden, als: alte Moränen, Gehängschuttmassen und überhaupt leicht zersetzbare Gesteine. Frech[40]) bezeichnet als besonders murgefährlich den Kalkphyllit oder Kalkglimmerschiefer; auch besitzen, demselben Autor nach, die mergeligen, mit Kalkbänken wechselnden Massen der Cassianer Schichten eine ungewöhnliche, häufig in Muren übergehende Form der Bodenbewegung.

Der Einfluss des Gesteines auf die Murbildung tritt besonders dort hervor, wo in einem Längsthale zwei Gebiete von sehr abweichender geologischer Zusammensetzung aneinander grenzen.

Frech[40]) führt diesfalls besonders das Pusterthal in Tirol und das Thal der Fella und Geilitz in Kärnthen an.

Die Erosionsverhältnisse in den Hauptthälern bedingen mit die Thalform der Nebenbäche und die Menge des in denselben aufgehäuften Schuttes, sie sind sonach auch von wesentlichem Einfluss auf die Bildung der Muren, welche Verhältnisse Frech[40]) an dem Lessach- und Gailthal in Kärnthen in überzeugender Weise auseinander setzt.

Dass die Erscheinung des Murganges in den Bächen des Mittelgebirges seltener und nicht in so prägnanter Form wie in den Hochgebirgsbächen zu beobachten ist, hat in erster Linie seinen Grund in den im Hochgebirge zumeist vorherrschenden steilen Böschungsverhältnissen, dann aber auch in dem Mangel eines für die Bewegung des Murganges so günstigen eigentlichen Sammelcanales, wie er in den Hochgebirgsbächen zu finden ist, weiter in den, den Mittelgebirgsbächen eigenen beträchtlichen Thalausweitungen und dergl. mehr.

Die Muren des Hochgebirges können nach Kreuter[26]) bezw. nach Frech[40]), wenn speciell der Einfluss der Bewaldung auf ihr Entstehen berücksichtigt wird, in Hoch- und Niedermuren eingetheilt werden. Unter den ersteren sind solche zu verstehen, die sich an der Baumgrenze und oberhalb derselben bilden; die letzteren entstehen unterhalb der Baumgrenze, im Bereiche des dichten Baumwuchses. Die Entstehung der Hochmure hat mit der Waldverwüstung nichts zu thun, ist dagegen, von anderen Ursachen abgesehen, vielfach auf die unrationelle Bewirthschaftung der Alpengründe zurückzuführen; ihre weitere Ausdehnung nach unten kann unter Umständen durch den Wald eingeschränkt werden.

Niedermuren entstehen häufig durch Kahlschlag, durch Lawinen, Fußunterwaschungen und auch aus andern Ursachen auf tiefgründigem Schutte unten am Gehänge, und sind häufiger als Hochmuren.

Die von Surell[10]) getroffene Eintheilung nach neuen, thätigen und erloschenen Muren, je nachdem in den ersten beiden Fällen die Gefällscurve unvollkommen ist, d. h. größern Gefällsbruch zwischen Schuttkegel und Abflusscanal aufweist, oder gleichmäßiges Gefälle besitzt, ist eine an und für sich sehr vage und bezieht sich offenbar mehr auf die Verhältnisse des ganzen Wildbaches, als auf die Erscheinung des Murganges als solchen.

Begründet ist die Scheidung in reine Geröllmuren oder Geröllströme und in Gletscher- und vulkanische Schlammströme, welch' letztere für den vorliegenden Zweck bedeutungslos sind. Gletscher- oder auch Eismuren sind die Folge von Gletscherstürzen, hervorgerufen wieder durch Erdbeben, Unterspülung der Gletscher-Basis, Wasseransammlung innerhalb derselben u. dgl. m., Verhältnisse, wie sie schon gelegentlich der Besprechung der Gletscher erwähnt wurden.

Welch' außerordentlichen Umfang Murgänge annehmen können, welchen beträchtlichen Schaden sie anzurichten vermögen, kann den folgenden Beispielen entnommen werden: Der gewaltige Murgang vom 5. August 1798, der sich in Folge eines heftigen Gewitterregens aus dem Mühlbachthal in das Salzachthal ergoss und zwei Dörfer nahezu ganz verschüttete, hat nach Sonklar[2]) über 20 Millionen Cubikmeter Schuttmassen über den Thalgrund ausgebreitet. Als eine weitere Folge war die Veränderung des Laufes der Salzach und die Versumpfung der obern Thalstrecke anzusehen, wie denn überhaupt die Versumpfung des Salzachthales im Oberpinzgau auf die Wirkung der Wildwässer zurückzuführen ist. Der Murgang von Lichtenberg in Obervintschgau in Tirol, am 18. und 19. Mai 1847, riss 26 Häuser fort und wies eine Schuttlawine von 340000 Cubikmetern auf. Im Jahre 1882 sollen allein durch von dem Wielenbach herbeigeführte Abstürze, offenbar Muren, 7 Millionen Cubikmeter Geschiebe von der Rienz nach Bruneck in Tirol herabgeführt worden sein.[52]) Einer der größten Murgänge der jüngsten Zeit war jener von Kollmann bei Waid-

52) Die Wildbäche, ihr Wesen, ihre Bedeutung im Wirthschaftsleben der Völker; von Dr. A. Freiherrn von Seckendorff. Wien 1886.

bruck in Tirol, dessen Material sich in Folge eines Wolkenbruches in der Nacht vom 17. auf den 18. August 1891 durch den Ganderbach herabwälzte. Dreiundvierzig Menschen kamen um das Leben, 16 Häuser wurden zerstört und der Eisackfluss durch die ungeheuere, mehr als 500000 Cubikmeter fassende, am Fuße 18 Meter hohe Geröllmasse vorübergehend derart gestaut, dass die Wucht der Gewässer den Damm der Bahnstrecke Klausen-Waidbruck auf eine Länge von 600 Meter zerstörte. Der in einer Nacht verursachte Schade wurde auf mehrere Millionen Gulden geschätzt. Die Mure soll, nach einem Berichte von Holzer über die Bahnunterbrechung bei Kollmann, in drei Theilen gekommen sein [53]). Der erste Ausbruch war unbedeutend; der zweite füllte das ganze Eisackbett bis 60 Centimeter unterhalb der Krone des am jenseitigen Ufer gelegenen Eisenbahndammes aus; der dritte, große Ausbruch erfolgte gleich einer Lawine unter Begleitung eines Orkanes und trug bis 25 Cubikmeter haltende Porphyrblöcke herab.

Die Bedeutung der Murgänge im Regime der Gebirgsbäche zu würdigen, vermag an Stelle der besten Beschreibung der einfachste Localaugenschein. Es ist nicht zu viel gesagt, wenn Frech [40]) behauptet, die hauptsächlichsten und dauernden Verwüstungen verursachen im Gebirge weniger die Hochwässer, als vielmehr die von denselben bewegten Schuttmassen, insbesondere die Muren. Die Zurückhaltung des Gebirgsschuttes an seinen ursprünglichen Lagerstätten und, wenn dies nicht mehr möglich ist, wenigstens an geeigneten Stellen der Thäler, ist deshalb thatsächlich das Wesen der Wildbachverbauung.

Das Kapitel über das Herkommen des Geschiebes kann nicht geschlossen werden, ohne auf eine ausgezeichnete Arbeit von Bargmann [54]) zu verweisen, welche sich mit den verschiedensten Formen der Ablagerung des Schuttes beschäftigt. Von besonderem Interesse sind die Betrachtungen über das Verhältniss von Schutt und Schnee (Firn), von Schutt und Wasser bei

53) „Die Kollmanner Katastrophe in Tirol und die neue Brückenanlage über den Ganderbach nebst Streckencorrection"; von Ing. Rudolf Freiherrn von Hartlieb. Oesterr. Monatsschrift für den öffentlichen Baudienst. Wien 1896.

54) „Der jüngste Schutt der nördlichen Kalkalpen in seinen Beziehungen zum Gebirge, zu Schnee und Wasser, zu Pflanzen und Menschen"; von Albert Fr. J. Bargmann. Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Vereines für Erdkunde zu Leipzig. II. Band. Leipzig 1895.

Hervorhebung besonderer Murformen, und die Classification der Schuttlagerungen.

Die vorstehende Erörterung der sich im Gebiete der Materialbeschaffung vollziehenden Processe würde folgerichtig zur Beschreibung jener Thätigkeit der Wildwässer führen, welche sich im Zusammenhange mit der ersten im Gebiete der Materialablagerung bemerkbar macht. Diese letztere fußt jedoch auf Gesetzen, welche sich, ähnlich wie die Erosionsgesetze, in mehr exacter, weil analytischer Form erklären lassen. Sie sollen daher auch bei Besprechung der Theorie der Bewegung des Geschiebes berücksichtigt werden.

Obzwar die Ursachen, welche der Materialbeschaffung zu Grunde liegen, der Hauptsache nach schon Erwähnung fanden, so bedarf doch eine derselben, d. i. die Bloßlegung des Bodens durch Entwaldung und sonstige nicht zweckentsprechende wirthschaftliche Maßregeln, der eingehendsten Würdigung, welcher denn auch der folgende Abschnitt gewidmet ist.

II.

Vegetation und Wirthschaft im Wildbachgebiete.

Die furchtbaren Hochwasserkatastrophen, welche das europäische Festland in rascher Aufeinanderfolge heimsuchen und deren Schädlichkeit im Hinblick auf den stets wachsenden Werth der menschlichen Güter eine immer größere werden muss, werden stets mit der culturellen Frage und insbesondere mit der Frage der Waldwirthschaft derart in Verbindung gebracht, dass der Verschlechterung der Vegetations-, namentlich aber der Waldverhältnisse a priori eine gewisse Ursächlichkeit in Bezug auf diese Hochwasserkatastrophen beigelegt wird.

Ungezählt sind die literarischen Arbeiten, Mahnrufe und andere öffentliche Kundgebungen, dann wohl auch die gesetzlichen und sonstigen Maßnahmen, welche diese, es kann wohl gesagt sein, brennende Tagesfrage betreffen, und es erscheint deshalb geboten, sie, soweit für den vorliegenden Zweck nothwendig, der Erörterung zu unterziehen.

Außer Zweifel steht wohl, dass der Vegetation und Wirthschaft im Regime der Gewässer, vornehmlich aber in jenem der Wildbäche, eine sehr wesentliche Bedeutung beigemessen werden muss, eine Thatsache, die schon aus den Ausführungen des ersten Abschnittes klar hervorgeht. Um aber auch beide, Vegetation und Wirthschaft, mit dem Eintritte von Hochwasserverheerungen jeder Art und Ausdehnung, sowie mit deren Intensität mit vollem Rechte in eine so innige Abhängigkeit zu bringen, wie dies vielfach geschieht, müssten zunächst Art und Maß ihres Einflusses und die etwaige Unzweckmäßigkeit der Wirthschaft, dann der Umfang der Bodenverödung und deren stete Zunahme sichergestellt sein. Der Natur der Sache nach ist ein diesbezüglicher strikter Nachweis nach jeder Richtung hin schwer und nur an der Hand eines

reichen, wissenschaftlichen Beobachtungs- und statistischen Materiales möglich.

Nichtsdestoweniger soll der Versuch hiezu hauptsächlich zu dem Zwecke unternommen werden, um den Stand dieser Frage, welche nicht allein die Wildbachverbauung, sondern auch manch' anderes technisches Gebiet berührt, zu beleuchten und die eigenen Anschauungen im Gegenstande zum Ausdruck zu bringen.

Allgemeiner Einfluss der Pflanzendecken auf das Regime der Gewässer.

Was zunächst ganz allgemein den Einfluss der Pflanzendecken auf das Regime der Gewässer anbelangt, so soll derselbe an dieser Stelle nur in Kürze und seiner Gesammtheit nach zur Sprache gebracht werden, wohingegen dessen Zergliederung nach Einfluss auf Bodenfeuchte, ober- und unterirdischen Abfluss der Gewässer, Geschiebeführung u. dergl. m. bei der Waldfrage, als der am meisten in dem Vordergrunde stehenden, berücksichtigt werden wird.

Der leider zu früh verstorbene Professor E. Wollny, welchem die Wissenschaft neben Professor E. Ebermayer in gedachter Richtung die meisten Aufklärungen verdankt, hat in allerjüngster Zeit unter dem Titel: „Ueber den Einfluss der Pflanzendecken auf die Wasserführung der Flüsse“[55], eine Studie veröffentlicht, deren Schlussfolgerungen, weil die eingehendsten einschlägigen Auseinandersetzungen ersetzend, hier auszugsweise Raum finden sollen. Wollny sagt:

Von den mit Pflanzen bedeckten Flächen erhalten die Wasserläufe insgesammt unter sonst gleichen Verhältnissen eine geringere Wassermenge zugeführt, als von kahlen oder mit einer schwachen Vegetationsdecke versehenen. Die Ursache ist darin zu suchen, dass der Boden unter den Gewächsen das Vermögen besitzt, größere Quantitäten von Wasser aufzuspeichern, und dass derselbe durch die ausserordentlich starke Transpiration der Pflanzen während der Vegetationszeit bedeutend mehr Wasser verliert als der kahle.

Die lebenden Pflanzen verzögern sowohl die ober- als auch unterirdische Wasserableitung in mehr oder minderem Grade, weil dieselben mit ihren ober- und unterirdischen Organen dem

55) Vierteljahresschrift des bayrischen Landwirthschaftsrathes, 1900, Heft III, siehe auch meteorologische Zeitschrift, 1900. Heft XI und Zeitschrift für Gewässerkunde, herausgegeben von Dr. H. Gravelius, Leipzig 1900, 6. Heft.

auffallenden und absickernden Wasser entsprechende Hindernisse entgegensetzen, im Vergleiche zu dem nackten Lande, in welchem wegen Fehlens der Wurzeln die Geschwindigkeit der abgeführten Wassermassen eine ungleich größere ist. Die Vegetation hat sonach die Bedeutung, dass dieselbe eine gleichmäßigere Zufuhr des Wassers zu den Flüssen bedingt. Die Abschwemmung von Erd- oder Gesteinsschutt auf abhängigem Terrain wird durch die verschiedenen Pflanzenformen in einem meist außerordentlichen Grade herabgedrückt, hauptsächlich aus dem Grunde, weil dieselben vermöge ihres Wurzelgeflechtes die Bodenelemente zu einer zusammenhängenden, den mechanischen Einwirkungen des Wassers gegenüber widerstandsfähigen Masse vereinigen und ausserdem den Wasserablauf verlangsamen. Deshalb werden vom bepflanzten Boden beträchlich geringere Mengen von Erde und Schutt abgeführt, als vom kahlen oder mit einer ärmlichen Vegetationsdecke versehenen.

In vollkommenster Weise wirken die Pflanzendecken, mit Ausschluss der aus Ackergewächsen bestehenden, zweifellos auf die Geschiebeführung der Flüsse und erweisen sich hiedurch weit nützlicher, besonders hinsichtlich der Hochwasserstände, als in Folge des Einflusses, welchen sie auf die Menge und die Geschwindigkeit des zugeführten Wassers ausüben.

Es wird daher gesagt werden können, dass die in den oben angeführten Punkten näher präcisirten Erscheinungen für das Regime der Wasserläufe einen verschiedenen Werth besitzen, in specie, dass im allgemeinen die durch die Pflanzendecken hervorgerufenen Abänderungen sich im geringsten Grade auf die Menge des abgeleiteten Wassers, in höherem Maße auf die Geschwindigkeit des letzteren und am vollkommensten auf die mit dem Wasser fortgeführten Erd- und Gesteinsmassen erstrecken.

Für die in praktischer Hinsicht zu ergreifenden Maßnahmen ergeben sich aus dem vorliegenden Material verschiedene wichtige Anhaltspunkte.

In der Ebene tritt die Bedeutung der Pflanzendecken auf die Wasserführung der Flüsse wesentlich zurück, weil die Möglichkeit einer Beeinflussung der Wasserabfuhr und der Abschwemmung von Erde in den meisten Fällen unter derartigen Umständen nicht gegeben ist. Nur dort, wo der Boden eine größere Durchlässigkeit besitzt, das Grundwasser infolgedessen leicht eine seitliche Bewegung erfährt und gleichzeitig der Wasserspiegel

in dem Flussbett so tief gelegen ist, dass dadurch ein Abfluss des Wassers aus den anliegenden Ländereien nachfolgen kann, werden sich die Pflanzenculturen, so weit es sich um die Versorgung des Flusses mit Wasser handelt, von nützlicher Wirkung erweisen. Ein Einfluss auf die Fortführung von erdigen Bestandtheilen ist hier ausgeschlossen. Ein solcher tritt erst in dem Maße hervor, als die Flächen stärker geneigt sind, und da in diesem Falle auch die Wirkung der Pflanzendecken auf die Bewegung des abgeführten Wassers in erheblicherem Grade sich geltend macht, so wird vornehmlich nur an Hängen der Vegetation eine bedeutungsvolle Rolle in Bezug auf die Wasserführung der Flüsse beizumessen sein.

Unter den verschiedenen Culturen verdient hier der Wald die höchste Bedeutung, demnächst der aus perennirenden Gewächsen (Gras) zusammengesetzte Pflanzenbestand, während die Ackerculturen mit Rücksicht auf die mit denselben verknüpften Abschwemmungen am zweckmässigsten in stärker geneigten Lagen aufgelassen und durch Aufforstung in Waldland oder aber in Wiesen und Weiden umzuwandeln sein werden. Auf Grund derartiger Erwägungen ist der Schluss zu ziehen, dass die Erhaltung und Schonung der aus perennirenden Gewächsen bestehenden Pflanzendecken, vor allem des Waldes, im Quellengebiete der Flüsse zu denjenigen Mitteln gehört, welche geeignet sind, dem bezüglich der Bodencultur wünschenswerthen Ausgleich des zeitlich und örtlich auftretenden Mangels und Ueberflusses von Wasser Vorschub zu leisten.

Soweit die bezügliche Aeußerung Wollnys, deren autoritativer Charakter jede weitere Beifügung überflüssig macht.

In geistreicher Weise hat ein zweiter Autor, Dr. Albert Fr. J. Bargmann, in der bereits an anderer Stelle citirten Abhandlung[54]) und zwar unter dem Kapitel „Schutt und Pflanzen", die Schutt stauende und einhüllende Wirkung der Pflanzen beschrieben, worauf des großen Interesses wegen, welches diesem Gegenstand für den gegenwärtigen Zweck beizumessen ist, nebenbei noch verwiesen sein mag.

Der Wald und dessen Bedeutung im Wildbachgebiete.

Hinsichtlich des Einflusses des Waldes auf das Regime der Gewässer sind zunächst zwei große Fragen aufzuwerfen:

Welchen Einfluss übt das Waldland auf das Klima einer

Gegend aus und ist die Abnahme des Waldlandes im Stande, eine Veränderung des Klimas hervorzubringen, bezw. auf diese Weise das Regime der Gewässer und in welchem Maße ungünstig zu beeinflussen?

Wie verhält sich der Wald hinsichtlich der Regelung des Wasserabflusses und wie hinsichtlich der Schotterführung der Gewässer?

In erster Beziehung ist es die Waldklimafrage, welcher näher zu treten ist.

Waldklimafrage.

Wohl selten wurde und wird eine Frage so vielfach und rastlos erörtert und zu lösen gesucht, wie die Waldklimafrage. Obzwar schon im 18. Jahrhunderte einzelne Gelehrte, als Réaumur, Buffon u. a. ihr näher zu treten versuchten, haben doch erst die, wie behauptet wird, zur Zeit der ersten französischen Republik und zu Anfang des verflossenen Jahrhundertes vorgenommenen ausgedehnten Entwaldungen, dann die gerade zu jener Zeit eingetretenen großen Wasserverheerungen dem Gegenstande besonderes Interesse verliehen.

Die Waldklimafrage kann sowohl vom Standpunkte des Einflusses auf das continentale Klima, als von jenem der Klimaänderung innerhalb relativ beschränkter Gebiete aufgefasst werden.

Sie in erster Richtung aufzuwerfen und zu verfolgen, kann nur in dem Falle zweckdienlich sein, wenn eine Aenderung des continentalen Klimas nach einer Richtung hin überhaupt constatirbar wäre, in welchem Falle vielleicht aus der ebenfalls erst zu constatirenden Waldabnahme auf diese Klimaänderung und sodann auf den Einfluss des Waldes in gedachter Richtung rückgeschlossen werden könnte.

Von prähistorischen Zeiträumen, früheren geologischen Perioden, während deren Dauer das continentale Klima von dem heutigen gewiss verschieden war, abgesehen, wäre also zu erwägen, ob sich dieses Klima in historischen Zeiten geändert hat oder nicht. Die diesbezüglichen, bereits vielfach angestellten Untersuchungen wurden erst auf eine sicherere Basis gestellt, seitdem das zahlreich vorhandene meteorologische Material verarbeitet und seitdem versucht wurde, durch dasselbe zunächst säkulare Schwankungen des Klimas nachzuweisen. Man ist da zu der Annahme veranlasst worden, dass das Klima aller Länder zu gleicher Zeit Veränderungen unterworfen und dass die Zahl jener Gebiete, welche hievon eine Ausnahme

machen, nur gering sei. Zu den letzteren Gebieten sind die Küstenstriche zu zählen, von welchen aus sich die Schwankungen gegen das Innere des Festlandes zu stets bemerkbarer machen.

Im 19. Jahrhunderte bilden die Jahre 1815, 1850 und 1881 ungefähr die Mitte von relativ feuchten und die Jahre 1830 und 1860 die von trockenen Perioden. Diese klimatischen Schwankungen erklären es auch, weshalb zahlreiche Hypothesen über Aenderungen des Klimas oft entgegengesetzer Art haben aufgestellt werden können; denn das Klima ändert sich in der That während einer langen Reihe von Jahren nach einer Richtung hin, alsdann, während einer zweiten Periode im entgegengesetzten Sinne. Was speciell die Alpen anbelangt, behauptet eine Autorität wie Penck[56]), es habe sich, soweit die Erfahrung reicht, deren Klima nicht geändert, und die empfindlichsten Niederschlagsmesser, die Gletscher, bekunden seit Jahrhunderten, es sei auch in den Niederschlagsverhältnissen, von periodischen und aperiodischen Schwankungen abgesehen, eine nennenswerte Veränderung nicht eingetreten.

Gleichfalls das Alpenland betreffend, schreibt Eblin[57]), es sei eine allbekannte Thatsache, dass das Alpenklima kein constantes ist, sondern einem mehr oder weniger bedeutenden Wechsel unterworfen war und noch ist. Diese Veränderungen im Klima des Hochgebirges seien doppelter Natur, allgemeiner und localer. Schon seit längerer Zeit seien allgemeine Veränderungen im Alpenklima periodischer Natur erkannt und in neuester Zeit näher erklärt und beleuchtet worden. Die Klimaschwankungen periodischer Natur, welche sich in Verschiebung der Schnee- und Gletscher-Grenzen und in Verschiebungen der Vegetationsgrenzen auch dem Auge kund geben, sind nach Eblin von keinerlei hoher wirthschaftlicher Bedeutung. Sie werden weit übertroffen von den Veränderungen localer Natur im Klima der Alpen, die als Klimaverwilderung zu bezeichnen, und als eine Folge der forstlichen Raubwirthschaft zu betrachten sind.

Aus den vorstehenden kurzen Bemerkungen kann geschlossen werden, dass es sich also wohl um periodische Schwankungen

56) „Die Ueberschwemmungen des Jahres 1888" von Albrecht Penck. Mittheilungen des deutschen und österr. Alpenvereines 1888.

57) „Die Verwilderung unserer Hochgegenden", von B. Eblin. Jahrbuch des Schweizer Alpenklub. 30. Jahrgang.

des Continentalklimas, dann um allfällige einseitige Aenderungen des Localklimas, mit Eblin zu sprechen, um Klimaverwilderung, keinesfalls aber um eine ununterbrochene Aenderung des ersteren nach einer Richtung hin handeln kann.

Es steht wohl außer Zweifel, dass die periodischen Schwankungen des continentalen Klimas mit vermeintlicher Entwaldung oder Verschlechterung der culturellen Verhältnisse in keinerlei Zusammenhang zu bringen sind. Die Waldklimafrage spitzt sich sonach für den vorliegenden Zweck zu der Beurtheilung des Einflusses des Waldes auf das Klima räumlich beschränkterer, aber immerhin noch ausgedehnter Gebiete, so ganzer Flussgebiete, Gebirgsketten, Landstriche, d. i. auf die Festsetzung des Causalnexus mit der sogenannten Klimaverwilderung im Sinne Eblins zu.

Wie weit aber auch in dieser Richtung die Meinungen auseinandergehen, ist den folgenden Ausführungen zu entnehmen. Es behauptet z. B. Preser:[58]) Die Consequenz aller Consequenzen der Entwaldung sei ein immer rascher zunehmendes Zurückgehen der landwirthschaftlichen Production bis zur Verödung ganzer Landstriche. Der Zustand der Länder der alten Geschichte sei ein Fingerzeig für diese Behauptung. Die Geschichte des Alterthums erinnere z. B. an die reichen Gefilde, welche sich an den Ufern des Euphrat und Tigris hinzogen, während heute nicht viel mehr als eine Steppenvegetation dort wieder zu finden ist. Von den Marschen an den Küsten Egyptens sei nur die sumpfige Vegetation der Halophyten (Salzpflanzen) übrig geblieben. Griechenland, einst ein wald- und quellenreiches Land, ist heute waldarm und trocken. Die fetten Triften in Palästina, auf denen einst die berühmten Stiere von Basan weideten, seien mit den großen Eichenwaldungen, deren noch Jesaias (Kap. 2, V. 13) erwähnt und mit denen alle Gebirge des üppigen Landes bedeckt waren, verschwunden und stillen jetzt kaum den Hunger einiger Ziegen, des einzigen Hausthieres proletarischer Wirthschaft. Die reichen Fluren von Argos und Kleinasien mussten ihre Vegetation mit der Feuchtigkeit einbüßen, welche verloren ging, als man die zahlreichen Eichen-, Linden- und Buchenwälder verdrängte. Die kahlen Gebirge in Argos führen heute überhaupt keine Quellen mehr. Schon

---

58) „Ueber den Einfluss der entwaldeten Höhen auf die Bodencultur"; von Karl Preser. Prag 1884.

Plato (Critias S. 11) klage über das Erkranken des Landes in Folge der Entwaldung. Pokorny, Hann und Hochstetter verweisen in ihrer allgemeinen Erdkunde auf die Folgen der Entwaldung in Dalmatien, Syrien, Nordafrika und überhaupt auf alle Mediterranländer hin. Blanqui führe aus (Journal des Econ. Mars 1854), dass in Folge der Entwaldung zwischen Piemont und der Provence bald eine Wüste liegen werde.

In der Campagna di Roma seien mit den Wäldern Städte und zahlreiche Ortschaften, Villen und Gärten verschwunden.

Einen besonderen Gegensatz in der Entwaldung und ihrem Einflusse auf die Landwirthschaft bilden Quito und Peru. Der westliche Abhang Perus sei entwaldet und in Folge dessen arme Vegetation und Niederschläge nur zur Winterszeit, dort in Quito hingegen das Gebirge noch reich bewaldet und infolgedessen selbst im Sommer bedeckter Himmel und Regen. Es sei überhaupt eine ganz stattliche Reihe älterer und neuerer Schriftsteller, von Plinius bis auf Columbus, von Dove und Alexander v. Humboldt, der in seinem Kosmos (II, 32) auf die Abnahme der Luftfeuchtigkeit und Regenmenge durch Zerstörung der Waldungen aufmerksam mache, bis auf Zschokke, Kasthofer, Niemann, Ebermayer u. s. w., aus deren Mittheilungen die Gefahren der Entwaldung für die Landescultur zu erkennen seien.

Preser verweiset weiter auf den Bericht des deutschen Consulates in Moskau über Waldverwüstung in Russland 1883, wonach die klimatischen Verhältnisse schon so gelitten hätten, dass die Flüsse, selbst die Wolga, schon jetzt constant niedrigeren Wasserstand zeigen. Die Abnahme der landwirthschaftlichen Production in Süddeutschland sei von autoritativer Seite schon in den 1850er Jahren mit der zunehmenden Entwaldung Tirols in Verbindung gebracht worden.

Auch Forstrath Liebich bezeichne in seiner Forstwissenschaft Gegenden in Böhmen, in denen mit der Entfernung des Waldes Quellen und Bäche versiegten, dagegen heftigere Stürme und Hagelwetter eintraten. Es können, sagt Preser, die in Rede stehenden Nachtheile nicht besser zusammengefasst werden, als es der Kulturhistoriker Riehl mit den Worten gethan hat: „Wir sehen, wie ganze gesegnete Länder, denen man den schützenden Wald geraubt, den verheerenden Fluthen der Gebirgswässer, dem ausdörrenden Odem der Stürme verfallen sind, und ein großer Theil Italiens, das Paradies von Europa, ist ausgelebtes Land.

weil sein Boden keine Wälder mehr trägt, unter deren Schutz er sich wieder verjüngen könnte. Aber nicht bloß das Land ist ausgelebt, auch das Volk."

Im Gegensatze zu dieser Aeußerung, insoweit die Klimaänderung in Frage kommt, stehen die Anschauungen Englers, welche ihres großen Interesses wegen hier gleichfalls Raum finden sollen. Engler[59]) sagt:

„Die ersten Bücher über Wald und Klima sind von Rougier de la Bergerie und Rauch in den Jahren 1817 und 1818 geschrieben worden. Wenn am Ende des 19. Jahrhunderts über die gewonnenen Resultate Rechenschaft gegeben werden soll, so kommt man zum Schlusse, dass durch die wissenschaftliche Forschung der früher allgemein angenommene bedeutende Einfluss des Waldes auf die Temperatur und Niederschlagsverhältnisse auf ein recht bescheidenes Maß zusammengeschrumpft ist, aber es muss zugestanden werden, vollständig gelöst ist die Frage noch keineswegs.

Zur Lösung der Waldklimafrage wurden im allgemeinen drei verschiedene Wege eingeschlagen.

Reisende und Geographen suchten meist durch Beobachtungen bei wiederholtem Besuche von Gegenden, oder durch Vergleichung geschichtlicher Aufzeichnungen und Ueberlieferungen mit den gegenwärtigen Verhältnissen das Ziel zu erreichen.

Mit der Errichtung forstlich-meteorologischer Stationen, deren Aufgabe es ist, die Klimaunterschiede zwischen Wald und Freiland und die klimatische Einwirkung des ersteren auf das letztere durch genaue Messung festzustellen, war ein zweiter, viel wissenschaftlicherer Weg betreten.

Und endlich haben namentlich die Meteorologen die Frage zu lösen gesucht, indem sie die Daten einer größeren Zahl meteorologischer Stationen, die sich über weite Ländergebiete vertheilen, mit Hinsicht auf die bestehenden Bewaldungsverhältnisse oder auf stattgefundene Veränderungen der Bewaldung discutirten."

„Sehr oft ist", fährt Engler fort, „von jenen, die dem Walde einen großen Einfluss auf die Menge und Vertheilung der Niederschläge zuschreiben, auf eine Verschlechterung des Klimas der Mittelmeerländer, d. h. deren Regenarmuth infolge ausgedehnter

---

59) „Zur Waldklimafrage." Aus einem Vortrage, gehalten in der geographischen Gesellschaft zu Zürich von Professor A. Engler. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. Nr. 2 u. 3. Jahrgang 1900. Mit reicher Autorenangabe.

Entwaldungen hingewiesen worden, und mit Vorliebe hat man Palästina als klassisches Beispiel angeführt.

Die Niederschlagsverhältnisse des Mittelmeergebietes zeigen nun aber eine gewisse allgemeine Gesetzmäßigkeit, die in keinem Zusammenhange mit der Bewaldung steht; es nimmt nämlich die jährliche Niederschlagsmenge so wie die Häufigkeit der Niederschläge, Abweichungen, die durch besondere Localverhältnisse (Gebirge, Küste) bedingt sind, ausgenommen, von Nord nach Süd und von West nach Ost ab. So dauert z. B. die regenlose Zeit am Marmarameer 2, im vorderen Kleinasien und in Griechenland 4, in Spanien 4½, in Palästina 6—7 (von Ende April bis Mitte October) und in Alexandrien ca. 8 Monate.

Dass z. B. Palästina vor 2000 bis 4000 Jahren überhaupt waldreicher gewesen sei als heutzutage, ist kaum nachzuweisen, wenigstens aus der Bibel nicht. Dieselbe spricht höchstens von Hainen, und der Wald spielt im Culturleben des jüdischen Volkes keine Rolle. Es wäre allerdings denkbar, dass bei den vielen Kriegen Wälder verwüstet wurden, allein der Gedanke liegt viel näher, den Niedergang der Bodencultur Palästinas in der Zerstörung und Vernachlässigung der Wasserleitungen und in der ganzen türkischen Misswirthschaft zu suchen. In Jerusalem fallen nach 44jährigem Mittel jährlich 647 mm Regen, in Bairut, nördlicher, am Fuße des Libanon gelegen, dagegen 904 mm. Dass sich die Niederschläge in Palästina wenigstens seit den beiden ersten Jahrhunderten christlicher Zeitrechnung nicht verändert haben, ist durch die Untersuchung von Hermann Vogelstein in seiner 1894 erschienenen Dissertation ziemlich sichergestellt. Der Regen spielte von jeher eine Hauptrolle für die Landwirthschaft Palästinas und zog die Aufmerksamkeit der ganzen Bevölkerung auf sich. Man unterschied Frühregen vom October bis Februar und Spätregen im Nisan (März bis April). Da die Frühregen für das Aufgehen der Saat von der größten Bedeutung waren, wurden sie mit Spannung erwartet, und in einem Gefäß (Regenmesser) gemessen. Die normale Höhe der Frühregen musste ca. 54 cm betragen, wie Vogelstein durch Vergleichung der Maße ermittelt hat. Rechnet man nun die mittlere Regenmenge der Station Jerusalem im März und April — 13 cm — hinzu, so erhält man 67 cm, was ungefähr der gegenwärtigen jährlichen Regenmenge entspricht.

Ebenso kommt Georg Rindfleisch zu dem Schlusse, dass der culturelle Rückgang der Landschaft Hauran nicht durch Entwal-

dung, sondern durch die muslimische Eroberung und den Verfall der Aquäducte, artesischen Flüsse und Cisternen verursacht ist."

„Wie sind", frägt Engler, „alle diese Angaben über Verschlechterung des Klimas infolge von Entwaldungen zu erklären?

1. In solchen Reiseberichten wird der außerordentlich günstige Einfluss des Waldes auf das Regime der Wässer und den Windschutz der landwirthschaftlichen Culturen vielfach verwechselt mit der Einwirkung desselben auf das eigentliche Klima, spec. die Niederschläge.

2. Solche Angaben stützen sich häufig auf mangelhafte, viel zu kurze Beobachtungen oder auf unzuverlässige Mittheilungen dritter u. s. f. Das bloße Gedächtniss leistet zur Ueberlieferung klimatischer Erscheinungen ganz unzulängliche Dienste.

3. Durchgeht man die Literatur, so findet man Angaben älterer Werke kritiklos in neueren wieder oder auch durch Verwechslung und Vermengung mit anderen Beobachtungen bis zur Unkenntlichkeit entstellt. (Aegypten!)

4. Viele zuverlässige Beobachtungen über das Feuchter- oder Trockenerwerden des Klimas dürften wohl am häufigsten durch die von Prof. Brückner entdeckten Klimaschwankungen zu erklären sein. Die Ansichten über die Austrocknung von Gegenden sind dann offenbar unter dem Eindruck verschiedener Phasen dieser Schwankungen entstanden.

Dass meist von Klimaverschlechterungen berichtet wird, hat wohl seinen Grund in einer ganz allgemeinen Erscheinung des menschlichen Wesens. Wenn es ihm gut geht, kümmert sich der Mensch wenig um die Ursache seines Wohlbefindens, stoßen ihm aber Widerwärtigkeiten und Unglück zu, so forscht er sofort nach den Ursachen und glaubt dann gar bald solche gefunden zu haben, mögen sie wirklich zutreffen oder nicht. Eine einfache Ueberlegung muss ferner sofort klar machen, dass der Wald keinen wesentlichen Einfluss auf das Klima einer Gegend haben kann. Tausendfältige Beobachtungen auf der ganzen Erde zeigen nämlich, dass der Typus der Vegetation im allgemeinen von den Feuchtigkeitsverhältnissen abhängig ist; Wald, Grasflur und Wüste, die drei Haupttypen der Vegetation, sind bedingt von der Menge und Vertheilung der Niederschläge, von der Luftfeuchtigkeit und von den Windverhältnissen in den verschiedenen Jahreszeiten. Der Wald erlangt nur dort die Oberhand, wo, eine genügend warme Vegetationszeit vorausgesetzt, der Boden stets

hinreichend Wasser enthält, resp. wo eine gewisse Menge von Niederschlägen fällt und die Luft namentlich im Winter feucht genug und ruhig ist. Dr. Brandis, der frühere General-Forstinspector Indiens, theilt mit, dass in Indien der Wald nur dort einigermaßen fortkommt, wo die jährliche Regenhöhe mindestens 1,0 m beträgt. Eine üppige Waldvegetation findet man aber nur in Gegenden mit weit größeren Regenmengen.

Ein sehr instructives Beispiel liefern auch die Vegetationsverhältnisse Nordamerikas. Wald und Prärie sind durch das Klima, besonders die Niederschläge bedingt. Nach den Klimatafeln kann man mit Sicherheit auf diese beiden Vegetations-Formationen schließen.

Nach Prof. Ch. S. Sargent herrscht in den Uebergangsgebieten beständiger Streit zwischen Wald und Prärie. „Aber der Streit hält sich so gut im Gleichgewicht, dass jede Dazwischenkunft des Menschen sofort den Ausschlag geben muss.“ Dort ist also eine Aufforstung noch möglich. „Diese Gebiete sind nicht zu verwechseln mit den westlichen, regenarmen; dort ist eine systematische Aufforstung unmöglich.“

Das Klima ist also, wie Engler am Schlusse seines Vortrages hervorhebt, ein Factor, von dem die Baum- und Waldvegetation vollständig abhängt und welcher derselben die feinsten Nüancen zu geben vermag. Wer daher dem Walde einen erheblichen Einfluss auf das Klima einer Gegend zuschreibt, der verwechselt Ursache und Wirkung mit einander.“

Bei Berücksichtigung der vorstehenden Anschauungen Englers wäre also anzunehmen, dass, wie dies auch Weber[60]) hervorhebt, dem Walde gegenüber einer anderen Vegetationsform im besten Falle ein Einfluss auf gegebene klimatische Verhältnisse nur innerhalb gewisser, sehr enge gezogener Grenzen einzuräumen ist, Modificationen, welche, wie Weber sagt, indessen sehr beachtenswerth werden können, wenn es sich um ein großes Areal handelt, das mit dieser Vegetationsform bedeckt ist. Eine gewisse Einwirkung durch Circulationsströ-

60) „Die Aufgaben der Forstwirthschaft“, von Prof. Dr. Rudolf Weber; im „Handbuch der Forstwirthschaft“, von Dr. Tuisko Lorey, 1. Band, 1. Abtheilung Tübingen 1888, mit reicher Autorenangabe. Die Neuauflage des Handbuches ist im Zuge.

mungen auf die Umgebung wäre immerhin möglich, so dass ein größerer Wald in analoger Weise, wie z. B. ein See, bis auf gewisse Entfernungen hin klimatische Aenderungen hervorbringen oder ein sogenanntes „Localklima“ mit gewissen charakteristischen Eigenthümlichkeiten bilden könnte. Keinem Zweifel scheint es aber wohl zu unterliegen, dass dem Walde, insofern es sich um klimatische, große Hochwasserkatastrophen, wie solche ganze Gebirgszüge, Flussgebiete, Landstriche heimsuchen, zu Grunde liegende Einflüsse handelt, eine zumindest viel zu weit reichende Bedeutung zugesprochen wird.

Immerhin bleibt noch zu untersuchen, ob sich solche Einflüsse thatsächlich nicht doch wenigstens innerhalb sehr beschränkter Gebiete, auf die nächste Umgebung, bemerkbar machen, was insbesondere vom Standpunkte der Wildbachverbauung, die ja alle in relativ kleinem Einzugsgebiet sich vollziehende Veränderungen zu beobachten hat, von Interesse ist.

Welcher Art diese Einflüsse sein, und welches Maß sie voraussichtlich erreichen können, lässt sich aber leider bisher gleichfalls nicht genau festsetzen.

Es würde viel zu weit führen, alle hier in Betracht kommenden Fragen der Erörterung zu unterziehen; ein kurzer Hinweis auf die Forschungsresultate, insofern dies im Vorstehenden nicht ohnehin schon geschehen ist, muß genügen.

Die nächstliegende, vielfach aufgestellte Behauptung, dass der Wald die Niederschlagsmengen vermehre, konnte durch die bisherigen Beobachtungen nicht erwiesen werden.

Eine diesbezügliche Zusammenstellung Rittmeyers[61]) gibt gute Uebersicht über die bisherigen Forschungsergebnisse.

Während Saussure, Boussingault, Woeikof, v. Fischbach, Rödiger und andre die Behauptung aufstellen, dass die Wälder auf eine Vermehrung der Niederschlagsmenge, somit auch in der Regel auf eine größere Wasserführung der Gewässer hinwirken, sind insbesondere Dr. Hofmann, Dr. Günther, Landolt[62]) u. Lo-

61) „Einiges zur Wald- und Wasserfrage“ von Dr. Robert Rittmeyer, Centralblatt für das gesammte Forstwesen. Wien 1893. Mit reicher Autorenangabe. vide auch: „Der Einfluss des Waldes auf den Stand und die Wirkung der Gewässer“, von Ferdinand Wang, Deutsche Rundschau, Wiesbaden 1898.

62) „Der Wald“, von Elias Landolt. Zürich 1866.

renz von Liburnau[63]) anderer Meinung und hat insbesondere Professor Dr. E. Ebermayer die Frage: „Hat Wald einen Einfluss auf die Menge der Niederschläge oder nicht?“ im verneinenden Sinne zu lösen versucht. Dass die entgegengesetzte Annahme so lange und so weit, auch unter den breitesten Volksschichten vorherrschte, erkläre sich aus dem fast regelmäßigen Zusammenfallen des Waldes mit dem Gebirge, indem man dem Gebirgswalde zuschrieb, was dem Gebirge gebühre.

Nach Dr. Lorenz von Liburnau, welcher vor weitergehenden und einseitigen Schlussfolgerungen hinsichtlich des Einflusses des Waldes auf das Klima, wenn auch nur beschränkter Gebiete warnt[64]), besteht kein irgendwie erkennbarer Zusammenhang zwischen Bewaldung und Niederschlag. Wenn auch der Wald im untergeordneten Grade auf die locale Vertheilung der Niederschläge wirkt, so sind jedenfalls die hieraus resultirenden Beträge nicht groß genug, um sie sicher nachweisen zu können.

Einer sehr bemerkenswerthen Arbeit Kopetzkys[65]) sind die folgenden Schlussfolgerungen zu entnehmen:

1. Mit Rücksicht auf den gegenwärtigen Stand der meteorologischen Wissenschaft überhaupt, auf die relativ geringe Zahl der gemachten Beobachtungen, auf die theilweise Mangelhaftigkeit der angewendeten Methoden der Untersuchung sowie auf die hiebei angewendeten Apparate und Instrumente kann ein sicherer Schluss über den Einfluss der Wälder auf die örtliche und zeitliche Vertheilung der Niederschläge nicht gezogen werden.

2. Im Hinblick auf die theoretisch vorhandenen und theilweise auf dem Wege des Versuches auch thatsächlich constatirten Beziehungen der Wälder zu den meteorologischen Elementen ist es höchst wahrscheinlich, dass die Wälder auf die örtliche und zeitliche Vertheilung der messbaren Niederschläge einen theils im positiven, theils im negativen Sinne wirkenden Ein-

---

63) „Die meteorologischen Radialstationen zur Lösung der Waldklimafrage.“ Resultate forstlich-meteorologischer Beobachtungen insbesondere in den Jahren 1885 bis 1887 von Dr. Josef Ritter von Liburnau, unter Mitarbeitung des k. k. Forstassistenten Franz Eckert. Mittheilungen aus dem forstl. Versuchswesen Oesterreichs, XIII. Heft, II. Theil.

64) „Wald, Klima, Wasser“ von Dr. Josef Lorenz Ritter von Liburnau, München 1878, vide auch dessen „Lehrbuch der Klimatologie“, Berlin 1874.

65) „Wald und Niederschläge“, von Forstrath Richard Kopetzky, Centralblatt für das gesammte Forstwesen. Wien 1899. Mit reicher Autorenangabe.

fluss besitzen, dessen summarischer Ausdruck auf verschiedene Oertlichkeiten verschieden und von der Umgebung abhängig ist.

3. Die Vermehrung der nicht messbaren Niederschläge innerhalb eines Waldgebietes, und darunter sind Thau, Bodenreif, Rauhreif, Duftanhang u. s. f. verstanden, steht außer Zweifel.

4. Der Wald dürfte auch die Niederschläge eines Gebietes in Summa vormehren können, weil er die Niederschlagswahrscheinlichkeit nicht nur aus localen, sondern auch aus den allgemeinen Luftströmungen erhöht, deren Wasserquantum sonst in andere Gebiete fortgeführt wird, ja im Kreislaufe des Wassers im selben Jahre innerhalb der betreffenden Zone eventuell gar nicht zur Ausscheidung gelangt.

Bemerkenswerth ist auch eine Mittheilung Zachers[66]), welcher die herrschenden Meinungsdifferenzen in den vorliegenden Fragen unter Hinweis auf einschlägige Arbeiten Blanfards, Studnickas und Gannets bezüglich der Verhältnisse in Indien, Böhmen und Amerika hervorhebt.

Nicht unerwähnt sollen endlich jene Angaben bleiben, welche Engler[59]) in seinem an anderer Stelle citirten Vortrage im Gegenstande gibt. Es heisst dort:

Wie oberflächlich oft Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf die Niederschläge angestellt werden, beweist der Aufsatz von Leo Anderlind: „Der Einfluss der Gebirgswaldungen im nördlichen Palästina auf die Vermehrung der wässrigen Niederschläge daselbst.“

Nach den 10jährigen Beobachtungen Vartans von 1869/70 bis 1878/79 fielen in Nazareth jährlich 612 mm, in Jerusalem nach Chaplins gleichzeitig 570 mm, also 42 mm weniger. Die größere Niederschlagsmenge Nazareths soll nun nach Anderlind den dort vorhandenen Waldungen von Quercus coccifera, Q. aegilops und Ceratonia siliqua zuzuschreiben sein. Da Jerusalem beträchtlich höher liegt als Nazareth, komme der Einfluss des Waldes auf die Regenmengen nicht in dem Maße zum Ausdruck, wie dies bei gleicher Meereshöhe der Fall wäre. Nazareth liegt nämlich 490 m ü. M. und 33 km östlich von der Küste, während Jerusalem eine Meereshöhe von 790 m hat und 58 km vom Meere entfernt ist.

66) „Ueber den Causalnexus von Wald und Regen“, von Dr. Gustav Zacher, Vierteljahresschrift für Forstwesen, Wien 1890

Anderlind lässt dabei vollständig außer Acht, dass Jerusalem auf einem vom Meere aus allmählich ansteigenden Plateau beinahe doppelt soweit landeinwärts liegt als Nazareth und dass vorzüglich die Südwest-Winde dem Lande Regen bringen. Wie rasch aber der Wind auf dem Landwege seine Feuchtigkeit verliert, erhellt daraus, dass schon 70 km östlich von Jerusalem die regenarme Steppe und Wüste beginnt. Auch nimmt, wie schon erwähnt, die Regenmenge überhaupt von Nord nach Süd ab, und es liegt Jerusalem 103 km südlich von Nazareth. Ein Blick auf die Karte lehrt sofort, dass sich in der geogr. Breite von Nazareth das cultivirte Land (der Hauran) fast einen halben Längengrad weiter nach Osten ausdehnt, als südlich bei Jerusalem. Und schließlich üben die nahe gelegenen Gebirge, der Libanon, Harmon und Antilibanon, deren höchste Gipfel bis zu 3000 m aufsteigen, einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Niederschlagsverhältnisse von Nazareth aus.

Gerne citirt werden auch, hebt Engler hervor, die Regenverhältnisse in Unterägypten. Dasselbe soll nämlich infolge der Anlage von Baumwollplantagen durch Mehemet Ali und infolge Anpflanzung von 18 Millionen (?) Bäumen (Dattelpalmen und Sykomoren) durch Imbrahim Pascha regenreicher geworden sein.

Unterägypten hat folgende mittlere Niederschlagsmengen: Alexandrien 211, Port Said 89, Kairo 27, Ismaila 57 und Suez 28 mm.

Hann schreibt darüber: „die Sage von der Zunahme des Regenfalls im unteren Nilthale infolge der großen Baumwollpflanzungen seit Mehemet Ali muss mit Vorsicht aufgenommen werden. Zur Zeit der französischen Expedition am Schlusse des vorigen Jahrhunderts zählt M. Coutelle zu Kairo im Mittel von 1798—1800 (3 Jahre) 15 $^1/_2$ Tage mit Regenfall, Destouches 1835—1839 (5 Jahre) 12 $^1/_2$, die österreichischen Beobachter zählten 1857—1861 (5 Jahre) 13,3 Tage. Die Regenmengen zu Alexandrien waren: 1867 227 mm, 1868, 335, 1869 158, 1870 73, 1871, 68, 1872 283 mm.

Aus diesen Zahlen ist eine Zunahme der Regenmenge absolut nicht ersichtlich, und es leuchtet wohl ohne weiteres ein, dass man Baumwollplantagen und Baumwollpflanzungen nur dort anlegte, wo bewässert werden kann.“

„Es ist“, meint Engler weiter, „überhaupt sehr schwierig, geeignete Oertlichkeiten für Untersuchungen zum Zwecke der Ermittelung der Niederschläge zu finden, und wie häufig geben

schließlich trotz allem die Resultate zu starkem Zweifel Anlass, weil die gleichartige Aufstellung der Regenmesser fehlte.

Die Versuche von Makereth, Nipher, Börnstein, Hellmann u. a. zeigen zur Genüge, wie unsicher die Regenmessungen sind. So hat Hellmann in den Vororten Berlins Unterschiede in der Regenmenge von 5 bis 22 % erhalten.

J. Schubert hat auf den Einfluss, den der Wald durch seinen Windschutz auf die Regenmessungen ausübt, hingewiesen. Die in Waldlichtungen angebrachten, vor dem Winde allseitig geschützten Stationen müssen größere Niederschläge haben als Freilandstationen, die vom Winde ungehindert bestrichen werden. Man misst also, absolut gleiche Niederschlagshöhen vorausgesetzt, im Walde mehr als im Freiland. Vorzüglich aus diesem Grunde vermag auch die neueste Veröffentlichung von G. Wyhhotzky über den Einfluss des Waldes auf die Regenmenge im Steppengebiet der Kritik nicht Stand zu halten. Die Fehlergrenzen der Niederschlagsmessungen scheinen überhaupt so weit auseinander zu liegen, dass die Differenzen zwischen Wald und Freiland gar nicht zum Ausdruck gelangen, und es könnte somit, wie schon Dr. von Lorenz Liburnau vermuthete, der Einfluss des Waldes auf die Regenmenge wenigstens in der gemäßigten Zone gar nicht zahlenmäßig bestimmt werden. Dagegen ist eine Vermehrung der Niederschläge durch den Wald direct nachweisbar bei Nebel und Duftanhang, worauf besonders Wilhelm, Breitenlohner und Fischbach aufmerksam machten. Auch die jüngst von Kopetzky[65]) erwähnte Absorption des Wasserdampfes infolge der Hygroskopicität der Körper ist zu beachten. Allerdings ist die durch Nebel, Duftanhang und Absorption dem Waldboden zugeführte Feuchtigkeitsmenge im allgemeinen nicht messbar und verhältnissmäßig klein, aber es steht doch außer allem Zweifel, dass dem Walde auf solche Art und Weise mehr atmosphärische Feuchtigkeit zugute kommt, als anderen Vegetations-Formationen".

Nicht minder offen, als die vorbehandelte Frage über die Vermehrung der Niederschläge bleibt jene, ob der Wald einen nennenswerthen Einfluss auf die zeitliche Niederschlagsvertheilung, auf die Milderung der Niederschlags- und der Temperatur-Extreme auszuüben vermag.

Auch diesbezüglich gehen die Anschauungen recht weit auseinander. So behauptet Preser[58]): „die Entwaldung äußere sich zumeist in dem raschen Wechsel von Hitze und Kälte, in dem

Mangel an milderen Niederschlägen, in andauernd trockener, zu sauerstoffarmer Luft, in andauernder Hitze mit vorherrschender Neigung zu wolkenbruchartigen Regengüssen oder Hagelwettern, ja selbst heftigen Orkanen. Blätter und Nadeln hauchen viel Feuchtigkeit aus und vermitteln kleine, der Landwirthschaft wohlthätige Niederschläge. Die mit Wäldern gekrönten Höhen brechen die Gewalt der Stürme ungleich mehr als kahle Felsen und fesseln durch ihr Blätterdach und je nach den Terrainverhältnissen die gefahrvollen Wolkenmassen länger an sich, wodurch diesen sehr häufig die verheerende Wirkung genommen werde, weil sie genöthigt seien, ihre ersten und hauptsächlichsten Wassermassen an den von der Natur bestimmten Bewahrer der Feuchtigkeit, dem Walde abzugeben, bevor sie noch über das flache Land hinziehen."

Was wäre, sagt Domaszewsky[49]), Triest, wenn der Karst ordentlich bewaldet wäre! Die Borastürme würden ermatten, denn jeder Wald mäßigt das Klima durch Abkühlung im Sommer, durch Erwärmen im Winter und kein Sturm braust durch einen Wald hindurch, bevor er ihn nicht niedergeworfen hat. Durch Mäßigung der Winterkälte am Karst verdünnt sich die Luftschichte auf diesem Hochfelde, kann daher nicht so wuchtig wie bisher auf die Wasserfläche des Triester Golfs fallen.

Den Einfluss des Waldes auf Gewitter und Hagel untersuchte 1875 Colladon[67]) und kam zu der Ansicht, dass der Wald auf hochziehende Gewitter und Hagelwolken keine schützende Rückwirkung auszuüben vermöge. Mäßigend sei jedoch der Einfluss der Bäume und des Waldes auf die Verheerung durch tiefer ziehende Gewitter und Hagelwolken. Colladon hat darzuthun versucht, dass ein Baum nahezu ebensoviel atmosphärische Elektricität zerstört, als eine hohe, mit einer Metallspitze und einem Leitungsdraht versehene Stange.

Zu den Aufgaben, welche der Wald unbedingt zu erfüllen habe, zählt Meixner[68]) die Regelung der Temperaturverhältnisse; der Wald sei sonach ein Regulator für Regen und Sonnenschein. Er kühle im Frühling und erwärme im Herbste, er kühle bei Tag

67) „Ueber den Einfluss der Wälder auf den Hagel", Centralblatt für das gesammte Forstwesen, Wien 1888. Colladon verfolgte den Zug zweier äußerst verheerender Gewitter, welche einzelne hohe Züge des Jura und der Westalpen überschritten.

68) „Der Wald und seine Bedeutung" von H. Meixner. Minden i. W.

und wärme des Nachts. In ähnlicher Weise äußern sich Jösting[69]) und andere Autoren. Eblin[57]) citirt Betrachtungen H. Kasthofers über die Veränderungen im Klima des Alpengebirges, die im Folgenden gipfeln:

Je mehr der Holzwuchs auf den Abhängen der Thäler, die am Fuße der hohen Alpen streichen, geschwächt wird, je mehr durch die Folgen dieser Schwächung die nackten Felsen zutage kommen und der Rasen nach verschwundenem Schutze zerstört wird, desto mehr steige während der Sommermonate die Temperatur der Thäler, besonders wenn sie von Ost nach West streichen, desto mehr falle diese Temperatur, wenn diese Thäler den kältenden Nordwinden offen stehen. Im ersten Falle also würde die Schneelinie hinauf, im zweiten Falle herunter rücken.

In beiden Fällen aber werden die Strömungen der Winde häufiger und heftiger, die Winter kälter werden, und es falle die Möglichkeit in die Augen, dass in den Thälern wie auf den hohen Alpen die Zerstörung des Holzwuchses, obgleich durch sie die mittlere Jahrestemperatur erniedrigt werde, doch die Erhöhung der Schneelinie einerseits und zu gleicher Zeit das Sinken der Vegetationsgrenze einzelner Pflanzengeschlechter andererseits erfolgen könne.

Die Erklärung auffallender Vegetationsscheiden im Gebirge liege in erster Linie in der hemmenden Wirkung der die Thäler durchquerenden Felswände oder der hemmenden Wirkung der Wälder auf trocknende und kältende Windströmungen. Solche Wälder seien klimatische Schutzwälder, speciell Windebrecher und ihr Verschwinden gestatte den Winden unbezähmten Zug über Alpenweiden, Mähder und Gehänge, wie auch über ganze Thäler. Die locale Schutzwirkung des Waldes in dieser Hinsicht sei für die Alpengebirge ein Factor von weitgehendster Bedeutung und der Hauptschlüssel zur Erkenntniss der klimatisch bedingten Verwilderungserscheinungen im Hochgebirge.

Eine Autorität wie Schwappach[70]) äußert sich dagegen dahin, dass eine Fernwirkung des Waldes auf die Temperatur der Umgebung und ein erheblicher Unterschied bezüglich der absoluten Feuchtigkeit zwischen bewaldetem und unbewaldetem

69) „Der Wald, seine Bedeutung, Verwüstung, Wiederbegründung", von H. Jösting. Berlin 1898.

70) „Forstpolitik, Jagd- u. Fischereipolitik" von Dr. Adam Schwappach. Leipzig 1894. Mit reicher Autorenangabe.

Terrain nicht bestehe, auch der geringe Ueberschuss an relativer Luftfeuchtigkeit nicht in Betracht kommen könne. Innerhalb des Kronenraumes und unmittelbar über demselben sei der Wassergehalt der Waldluft während der Vegetationszeit allerdings wegen der bedeutenden Verdunstung erheblich gesteigert. Auch ist Schwappach der Anschauung, dass der Wald einen wesentlichen Einfluss auf die Menge der atmosphärischen Niederschläge im Sinne der Vermehrung nach Frequenz und Quantität nicht auszuüben vermag.

Uebereinstimmend hiemit sagt Dr. Paul Schreiber: [71]) Die Einwirkung des Waldes auf die Lufttemperatur sei so gering, dass sie praktisch vernachlässigt werden könne. Die Feuchtigkeit der Luft im Walde sei so wenig verschieden von jener über dem freien Felde, dass alle darauf gegründeten Lehren haltlos seien. Der Wald könne auf die Häufigkeit und Ergiebigkeit des Niederschlages im allgemeinen nur einen untergeordneten Einfluss ausüben.

Hinsichtlich des Einflusses des Waldes auf Hagelbildung verweist Schwappach [70]) auf drei Arbeiten und zwar Bühlers, Hecks und Sarrazins, von welchen die beiden ersteren den Zusammenhang zwischen Wald und Hagelbildung negieren. Sarrazin dagegen constatirt für Norddeutschland einen derartigen Einfluss. Nach Dr. L. Mayer [72]) besteht eine Schutzwirkung des Waldes gegen Hagel, wenn auch nur auf beschränkte Entfernung und nicht unter allen Umständen insofern, als waldleere Stellen der Erzeugung von Hagel günstig sein können.

Gelegentlich des internationalen Forstcongresses zu Paris 1900, kam die Frage des Einflusses des Waldes auf Hagelbildung gleichfalls zur Sprache. Dem Congressberichte [73]) ist zu entnehmen, dass im Jahre 1882 über Auftrag des Forst-Directors das Studium dieser Frage angeordnet wurde. Die Beobachtungen innerhalb eines Stationsnetzes in den Departements „de la Meuse und de

71) „Die Einwirkung des Waldes auf Klima und Witterung", von Prof. Dr. Paul Schreiber, Director des kgl. sächs. Meteorologischen Institutes in Chemnitz. Tharandter Forstliches Jahrbuch, 1899.

72) Centralblatt für das gesammte Forstwesen. Juni 1900.

73) Congrès international de sylviculture, tenu à Paris du 4. au 7. juin 1900. Compte rendu détaillé. Paris 1900, pag. 323. Es sei gleichzeitig auf die anderweitigen forstmeteorologischen Verhandlungen dieses Congresses, wie sie in dem Berichte niedergelegt sind, aufmerksam gemacht, so insbesondere auf das Referat B. Alexander Bergmanns: „La forêt et le danger des inondations", pag. 498.

Meurthe-et-Moselle" gestatteten dem Beobachter M. Claudot im Jahre 1895 die ersten Conclusionen dahin zu formuliren, dass der Wald einen günstigen Einfluss thatsächlich ausübe. Es wird darauf verwiesen, dass diese Resultate mit jenen Duchaussoys, Dr. Künzers und Rinikers übereinstimmen. Nichtsdestoweniger sei es angesichts der gegentheiligen Anschauungen nöthig, die Beobachtungen fortzusetzen.

Hinsichtlich des Windes gibt Schwappach [70]) zu, dass Waldungen in allen jenen Gegenden, welche an localen Windströmungen zu leiden haben, eine nicht zu unterschätzende günstige Wirkung für die dahinter liegenden Grundstücke ausüben. Dieses ist namentlich der Fall im Küstengebiete und auf den Hochlagen der Gebirge, aber auch in ausgedehnten Ebenen des Binnenlandes, deren Klima einen continentalen Charakter trägt und während der Vegetationszeit Perioden großer Trockenheit mit sich bringt.

Bei großer Trockenheit kommt namentlich noch der Umstand in Betracht, dass die Luft zwischen den Baumkronen und unmittelbar über denselben infolge der lebhaften Transpiration relativ und absolut reich an Wasserdampf ist. Streichen nun relativ wasserarme Luftströmungen durch den Wald, so werden sie feuchter und trocknen das freie Land, mit welchem sie in Berührung kommen, weniger aus.

Lorenz von Liburnau schreibt dem Walde im Hinblick auf Erwärmung oder Abkühlung in die Ferne, die Wirkung einer jeden anderen Vegetationsdecke zu. Der Wald stumpfe nicht allgemein die Extreme der Temperatur des in seinem Wirkungsbereiche liegenden Freilandes ab, sondern kann dieselben unter Umständen nach der positiven Seite hin erhöhen. Der Wald wirke nicht in der Nacht erwärmend und tagüber nicht abkühlend, er könne somit nicht eine Abstumpfung der Temperaturextreme herbeiführen, wie gewöhnlich angenommen wird.

Hinsichtlich der Windstärke wirkt der Wald nach Lorenz von Liburnau nur auf eine sehr kurze Distanz und zwar nicht immer durch Vermehrung der absoluten Windstillen, sondern mehr durch die Abschwächung stärkerer Winde.

Werden alle diese und viele andere Anschauungen [74]), deren es ungezählte gibt, und deren Anführung hier nicht Raum finden kann, zusammengefasst, so muss wohl zugegeben werden, dass die

74) Es soll auch auf die Schrift von Professor Friedrich Simony „Schutz dem Walde", Wien 1877, verwiesen werden, in welcher dem Walde die Milderung der Temperaturgegensätze, die Verminderung der Intensität der Winde,

Waldklimafrage heute weder in ihrer Totalität, noch in ihrem Detail endgiltig gelöst ist, dass aber dem bestehenden Walde auf Grund der bisherigen Forschungsresultate gegenüber anderen Vegetationsformen ein nennenswerther Einfluss auf das Klima, sei es ausgedehnter, sei es auch nur beschränkter Gebiete, ja selbst auf die nächste Umgebung wird kaum zugesprochen werden können. Damit ist nicht gesagt, dass das Verschwinden des Waldes in größerer Fläche, d. h. die Umwandlung desselben in eine andere Vegetationsform nicht unbedeutende Consequenzen nach sich ziehen würde, ja es müsste dies bei ausgedehnten Oedlandsflächen an seiner Stelle erwartet werden.

Das Klima des Freilandes, welches bisher mit dem Klima des angrenzenden Waldlandes verglichen wurde, steht eben, wie Lorenz von Liburnau hervorhebt, naturgemäß bereits unter dem Einflusse des vorhandenen Waldes, wenn ein solcher Einfluss überhaupt besteht. Die negativen Folgen der Entwaldung wären möglicherweise deutlicher, als die positiven des Waldbestandes. Gewiss ist aber nur, dass die Wirkung, welche allenfalls ein Wald auf seine Umgebung ausübt, mit dem Verschwinden des Waldes ganz oder theilweise verschwinden muss.

Wie es auch immer sein mag, ganz im Einklange mit Ministerialrath Ludwig Dimitz, bzw. mit Forstverwalter Franz Eckert[75]) kann mit voller Sicherheit behauptet werden, dass der im hohen Interesse des Regimes der Gewässer so unzweifelhaft nothwendige Waldschutz nicht in klimatologischen, sondern in ganz anderen Momenten begründet ist, die nun zur Sprache kommen sollen.

Absorption und Retention der Niederschläge durch das Waldland.

Hinsichtlich des günstigen Einflusses des Waldes auf die Absorption und Retention der Niederschläge besteht kein Zweifel. In dieser Richtung kommen zu erwägen:

1. Die Verdunstung des durch die Baumkronen zurückgehaltenen Niederschlages;

---

der größere Wasserdampfgehalt der Waldluft, ihr Einfluss auf Wolken und Niederschlagsbildungen, die längere Dauer und größere Ergiebigkeit derselben u. s. w. zuerkannt werden.

75) „Die Vegetationsdecke als Modificator des Klimas mit besonderer Rücksicht auf die Wald- und Wasserfrage“, von Franz Eckert. Vierteljahrsschrift für Forstwesen. Wien 1893.

2. Die Verdunstung des Waldbodens;

3. Das Absorptions-Vermögen des Waldbodens und der Verbrauch an Vegetations-Wasser;

4. Die Versickerung.

ad. 1. Es unterliegt mannigfachen Schwierigkeiten, die Größe jenes Niederschlages, flüssiger und fester Niederschlag, nur annähernd festzustellen, welcher unter den verschiedenen Verhältnissen von den Baumkronen aufgehalten wird und hier verdunstet. Dank aber zahlreicher Beobachtungen und Messungen liegen doch Resultate vor, deren Uebereinstimmung für ihre Verlässlichkeit spricht. Eine hervorragende Autorität in dieser Frage, Altmeister Ebermayer[76]) äußert sich dahin, dass von den Hauptquellen der Bodenfeuchtigkeit, dem Regen und Schnee, ein sehr beträchtlicher Theil durch die Baumkronen zurückgehalten und somit dem Waldboden wesentlich weniger Wasser zugeführt wird, als dem offenen Felde. Der Unterschied ist verschieden je nach Holzart, Alter, Schlussgrad und Niederschlagsmenge. Je nach dem Maße ihrer Belaubung halten die verschiedenen Holzarten ungleiche Regenmengen auf, die Buche mehr, als die lichtkronige Eiche oder Birke, die immergrünen Nadelhölzer mehr, als die zeitweise kahlen Laubholzbäume. Wohl die größten Wasserquanta bleiben in den Kronen der Fichten, (vermuthlich auch der Tannen) zurück, nämlich bei lichtem Schlusse ca. 30 %, bei dichtem Stande sogar 40—45 % der jährlichen Niederschlagsmenge, in Buchenbeständen dagegen nur ca. 20 %. Sehr bedeutend ist auch der Wasserverlust durch die Kiefernkronen, insolange diese Holzart im guten Schlusse steht, sich also nicht mit zunehmendem Alter licht stellt.

Diese Angaben stimmen nahezu mit den Resultaten jener ombrometrischen Messungen überein, welche die Bestimmung der Verdunstungsgröße der jährlichen Niederschlagsmengen an den Baumkronen in Procenten zum Zwecke hatten und ergaben:

In der Schweiz, bei	Lärche	15 %
„	Fichte	23 %
„	Buche	10 %

76) „Der Einfluss der Wälder auf die Bodenfeuchtigkeit, auf das Sickerwasser, auf das Grundwasser, und auf die Ergiebigkeit der Quellen, begründet durch exacte Untersuchungen". Ein Beitrag zu den naturgesetzlichen Grundlagen des Waldbaues von Dr. Ernst Ebermayer, kön. Geheim. Hofrath und ö. o. Professor an der Universität München. Stuttgart, 1900. Mit reicher Autorenangabe.

In Preussen,	bei	Buche	24 %
	„	Fichte	22 %
	„	Kiefer	27 %
In Baiern	„	Buche	22 %
	„	Fichte	27 %
	„	Kiefer	34 %

Nach den Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs, Jahrgang 1879, fielen auf Grund angestellter Messungen von einer bestimmten Regenmenge durch die Krone auf den Boden:

bei	Buche	65,4 %
„	Eiche	73,6 %
„	Ahorn	71,5 %
„	Fichte	39,8 %

was einer

Retention	von	34,6 %	bei	Buche
„	„	26,4 %	„	Eiche
„	„	28,5 %	„	Ahorn
„	„	60,2 %	„	Fichte

gleich kommen würde, wobei allerdings jene Mengen in Abzug zu bringen wären, welche durch allmähliches Abtropfen, Wind, und dann stammlaufend zu Boden gelangen. Es kann also angenommen werden, dass gerade Nadelholz viel zurückzuhalten, zu verdunsten, also dem Abflusse vorzuenthalten im Stande ist. Diese Thatsache erklärt sich aus dem Umstande, dass im Laubholzwalde, Buchenwalde, schon bei ganz schwachen Regenfällen Wasser dem Stamme entlang zu Boden gleitet, während in Nadelwäldern die Wasserabfuhr an den Hochstämmen erst bei Regen von 10 mm Stärke beginnen soll. Der blattlose Zustand im Winterhalbjahre und die geringeren Hindernisse, welche die Blätter auch in Sommerhalbjahren gegenüber den zahllosen Nadeln des Nadelhochwaldes dem Wasser bieten, sind die Ursachen. Uebrigens liefern Laubholzbestände in der Regel auch mehr durch die Kronen tropfendes Wasser als Nadelholzbestände, namentlich die Fichte, Tanne und Föhre. Die Lärchen bilden den Uebergang. Die lichtbedürftigen Laubhölzer, als Birken, Akazien, Eichen, lassen mehr Wasser zu Boden, als die schattenliebende Buche u. a. m.

Die obigen Zahlen sind naturgemäß nur als Mittelwerthe anzusehen, denn schon die Dauer und Intensität der Niederschläge üben einen großen Einfluss auf die im Walde fallenden Wasser-

mengen aus. Die procentische Differenz zwischen den im Freien und im Walde fallenden flüssigen Niederschlagsmengen (der relative Wasserverlust) nimmt daher umsomehr ab, je stärker und ergiebiger die Niederschläge sind. So glaubt Krutzch [77]) gefunden zu haben, dass schon bei einem flüssigen Niederschage von 30 – 50 mm, 80—90% desselben auf den Boden gelangen. Bei festen Niederschlägen kann der umgekehrte Fall eintreten. Bei einem späten und heftigen Schneefall (16. Februar 1889) fand Bühler [78]) im Nadelwalde sogar 88 % zurückgehaltenen Niederschlages, der allerdings gewiss nicht zur Gänze der Retention zugute kam.

Selbstverständlich richtet sich die Verdunstungsgröße im Walde überhaupt, und im Baumkronendache im besondern, auch nach Jahreszeit, Temperatur und Klima. Sie kann so groß sein, dass der Abfluss gerade zur Zeit der in der Regel reichsten Niederschläge (Juli und August) am kleinsten ist.

In Ländern und Gebieten mit vielen schwachen, in periodischen Zwischenräumen fallenden Niederschlägen, ist die procentische Differenz zwischen dem im Freien und im Walde gefallenen Wasserquantum beträchtlich größer, als in Klimaten mit stärkeren Niederschlägen. Mit der Meereshöhe wird daher auch der relative Wasserverlust im Walde geringer, die Durchfeuchtung des Waldbodens im Gebirge daher stärker als in Niederungen.

Wie schon berührt, läuft von dem auf den Blättern und Aesten zurückgehaltenen Wasser ein Theil, man hat ihn mit 2—10 % geschätzt, am Stamme herab, ein anderer, und dies gilt auch von festen Niederschlägen, wird vom Winde zu Boden geschüttelt [79]).

Um für das Retentionsvermögen des Waldes ganz allgemeine und mehr der Information dienende Zahlen aufzustellen, hat man auch ganz allgemein mittlere Verhältnisse in Betracht zu ziehen. Bei Berücksichtigung dieser, dürfte die Berechtigung vorliegen, die mittlere jährliche Retentionskraft gemischter, vorherrschend aus Nadelholz gebildeter Bestände, insofern sie auf die Wirkung des Kronendaches zurückzuführen ist, mit 20—25 % der jährlichen Niederschlagsmengen annehmen zu können.

---

77) „Oesterreichische Forstzeitung“, No. 40 vom Jahre 1887.

78) „Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen“, 1884.

79) „Der Wald und die Quellen“, von C. E. Ney. Tübingen 1893. Mit reicher Autorenangabe. Ney verweist mehrfach auf eine einschlägige Arbeit Dr. Rieglers in den Mittheilungen des forstlichen Versuchswesens Oesterreichs 1879.

Als die Extreme wären, was die Holzart anbelangt, ca. 10 % bei den lichtbedürftigen Laubhölzern und etwa 33 % und darüber bei Fichte, Tanne, oder im dichten Schlusse stehenden Föhrenbeständen anzusehen, wobei im Falle heftiger Niederschläge der Procentsatz ein noch geringerer werden kann.

ad 2. Ein Theil jener Niederschläge, d. h. also im Durchschnitt ca. 75—80 %, welche auf den Waldboden gelangen, wird von der Bodendecke oder den obersten Bodenschichten festgehalten und verdunstet theilweise selbst wieder. So wird z. B. angenommen, dass gesättigte Buchenlaubstreu ebensoviel verdunstet, als eine gleich große Wasserfläche. Die Verdunstung des in der Bodendecke und in den obersten Bodenschichten vorhandenen Wassers ist aber wegen der geringen Erwärmung des Waldbodens und der verlangsamten Luftbewegung im allgemeinen nicht nur weniger rasch, sondern auch geringer, als im freien Lande. Die Beschaffenheit des Bodens, des Bestandes und der Holzart modificirt natürlich den Verdunstungsbetrag wesentlich, sowie er insbesondere durch die wasserabsorbirende Wirkung der Streudecke bedeutend herabgemindert werden kann. Prof. Ebermayer[80]) hat mit Hülfe von Verdunstungsmessern nachgewiesen, dass die Wasserverdunstung im Walde im Jahresmittel um etwa 64 % geringer ist, als im Freilande. Nach den Untersuchungen Prof. Müttrichs verdunsten durchschnittlich in den Beständen 40 % jener Menge, welche im Freien verdunsten würde, was mit dem Resultate Ebermayers nahezu vollkommen übereinstimmt. Bei Zugrundelegung des angenommenen mittleren Baumkronen-Retentions-Procentes von 20 bis 25 %, kann also genommen werden, dass im Mittel ca. weitere 8—10 % der Niederschläge im Walde verdunsten, dass sich sonach das ganze Verdunstungsprocent im Walde, wenn man es so nennen will, im Mittel auf ca. 28—35 % belaufen kann.

Die Bodenverdunstungsgröße ist naturgemäß von verschiedenen Verhältnissen beeinflusst, so zunächst nach Jahreszeiten verschieden. Doch ist darauf zu verweisen, dass diese Verdunstungsgröße auch im Winter, insbesondere bei continuirlich mäßigen Schneefällen eine sehr bedeutende werden kann, zumal der Wald ein erhebliches Procent der Schneemassen (nach Bühler bis 88 %) zurückzuhalten und hievon wieder unter dem Kronendache

80) „Physikalische Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden," von Dr. Ernst Ebermayer, Aschaffenburg 1873.

einen beträchtlichen Theil zur Verdunstung zu bringen vermag. Dagegen ist es nicht ausgeschlossen, dass sehr heftige Niederschläge selbst in den Sommermonaten, besonders aber in den Frühjahrs- und Herbstmonaten, das gemeinte Verdunstungsprocent gegenüber dem gesammten Abflussprocente wesentlich verringern können. Es hat also eine gewisse Berechtigung, zum Zwecke des Ziehens allgemeiner Schlüsse, auch einen allgemeinen Mittelwerth für das Bodenverdunstungsprocent anzunehmen, wie das vorhin geschehen ist.

Von Interesse für die Beurtheilung der gesammten Verdunstung im Walde, d. i. auf den Baumkronen und im Waldesschatten, ist die Thatsache, dass gelegentlich des Hochwassers vom Juli 1897, trotz der ausserordentlich großen Niederschläge vielfach nicht jene, und zwar relativ gemeint, Wasserabflussmengen beobachtet werden konnten, wie anlässlich des Septemberhochwassers vom Jahre 1890, trotzdem die damals gefallenen Niederschläge beträchtlich geringer waren. Man nimmt an, es seien im Jahre 1890 50 %, im Jahre 1897 nur ca. 27 % der in allen Ueberschwemmungsgebieten gefallenen Niederschläge zum Abflusse gelangt. Die Ursache ist in der größern Verdunstung im Juli 1897, gegenüber September 1890, und in der größern Wasseraufnahmskraft des Bodens im Juli 1897 nach vorhergegangener warmer, gegenüber September 1890, nach vorhergegangener nasser Witterung zu suchen. Unter den Verhältnissen des Jahres 1890 hätte es also eine Katastrophe gegeben, wie sie vielleicht bisher noch nie eingetreten war.

ad 3. Von wesentlichem Einfluss auf die Absorption der Niederschläge ist das Wasser-Aufsaugvermögen der Bodendecke im Walde. Nach den Untersuchungen Ebermayers verbraucht der theilweise mit Streu bedeckte, theilweise ausgerechte Wald bei mittlerer Regenhöhe auf geneigten Lagen, im Mittel ca. 55 % der jährlichen Regenmenge. Wird von dieser Größe das vorstehend näher detaillirte Verdunstungsprocent von im Mittel 30 % abgezogen, so ergibt sich, dass der theilweise streubedeckte, theilweise ausgerechte Waldboden als solcher ca. 25 % der Regenmenge verbraucht, worin allerdings auch schon der Verbrauch von Vegetationswasser mit inbegriffen erscheint[81]). Dieses letztere repräsen-

81) Es ist von Interesse zu erfahren, dass nach Hönel „Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs", Bd. II, Heft I u. III „Forschungen der Agriculturphysik, Bd. 2 u. Bd. 4., der Wasserbedarf eines Buchenwaldes erst bei einer Niederschlagshöhe von ca. 300 mm gedeckt ist. vide Ramann[30]), „Forstliche Bodenkunde und Standortslehre".

tirt im Walde einen sehr erheblichen Betrag, da der Wasserverbrauch der Bäume, infolge der hochangesetzen Krone mit großer Oberfläche, allen angestellten Versuchen nach ein gewaltiger ist.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass auch das Pflanzen-Absorptions-Procent, wenn es so genannt werden darf, eine nach der Jahreszeit schwankende Größe darstellt. Allein es ist nicht unbeachtet zu lassen, dass sehr heftige Niederschläge während des Sommers, das Absorptions-Vermögen des Waldbodens relativ ungünstig beeinflussen können, während umgekehrt, der langsame, unter dem Kronendache des Waldes sich vollziehende Schneeabgang im Winter, das Eindringen der Feuchtigkeit in den Boden wesentlich fördern und so das Absorptions-Vermögen des Bodens sehr erhöhen kann. Dieses letztere ist bei normalen Niederschlägen und nach vorhergegangener Trockenheit am größten; es verringert sich im Falle andauernder Niederschläge und es kann im Falle von Wolkenbrüchen eine selbst minimale Größe annehmen. Wie beim Verdunstungs-Procente, dürfte es deshalb auch hier seine Berechtigung haben, nur mit einem Mittelwerthe zu rechnen.

Für die sub 2 und 3 besprochenen Punkte von Interesse sind die in dieser Richtung maßgebendsten Resultate der Forschungen Wollnys[82]), welche die nachstehenden Folgerungen zulassen:

a. dass die Erde bedeutend größere Mengen von Wasser durch Verdunstung verliert, als die verschiedenen Streudecken, die sich sonach feuchter erhalten,

b. dass die Moosstreu von allen Streusorten die größten Mengen von Wasser an die Atmosphäre abgibt, sonach die geringsten Wassermengen in sich schließt, dann folgen in absteigender Reihe das Eichenlaub mit dem höchsten Wassergehalt, das Buchenlaub, die Kiefern und Fichtennadeln, mit nur geringen Unterschieden bezüglich der drei letzteren.

c. dass die Verdunstungsmengen um so größer sind, je geringer die Mächtigkeit der Streudecke ist, der Wassergehalt der Waldstreu sonach mit der Mächtigkeit der Schichte zunimmt.

Letzteres lässt sich darauf zurückführen, dass sich die feuchten Schichten um so tiefer unter der Oberfläche befinden und das capillare Aufsteigen des Wassers umsomehr erschwert wird, je höher die Streu aufgeschichtet ist. Bei Zusammenstellung der in diesen Versuchen festgestellten Eigenschaften der Waldstreu in

82) „Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik“, von Prof. E. Wollny. Oesterr. Forstzeitung No. 71 vom Jahre 1888.

Bezug auf deren Verhalten dem Wasser gegenüber, lässt sich letzteres dahin präcisiren, dass die Laub- und Nadelstreu das zugeführte Niederschlagswasser zwar in großen Mengen nach unten hin abgeben, sich aber trotzdem in einem sehr feuchten Zustande erhalten, weil sie verhältnissmässig wenig Wasser durch Verdunstung verlieren, ferner dass die Moosstreu durch bedeutende Sckwankungen in ihrem Wassergehalte ausgezeichnet ist, weil sie einerseits eine große Wassercapacität, andererseits ein beträchtliches Verdunstungsvermögen besitzt.

Ueber das Wasseraufsaugvermögen der einzelnen Waldbodenarten haben Versuche gelehrt[83]), dass dasselbe bei Moosstreu (Sphagnum —, Hypnumarten etc.) 177—1041 %, bei Laubstreu 123—253 % (Rothbuche am besten, zunächst Eiche), bei Nadelstreu 110—156 % (Tanne am besten, zunächst Fichte, am mindesten stark verweste Schwarzföhre), in Gewichtsprocenten der lufttrockenen Streu betragen könne. Gelegentlich des Hochwassers im Jahre 1882, in Tirol und in Kärnthen, konnte die Beobachtung gemacht werden, dass das Wasseraufnahme- und Zurückhaltungsvermögen in der Humusschichte und den darunter liegenden fruchtbaren Erdschichten, in Nadelholzbeständen das größte war, und zudem im genauen Verhältniss zur vorhandenen Bodenstreuschichte, beziehungsweise zur Beastung der einzelnen Baumindividuen stand.

ad. 4 Was die Sickerwassermengen anbelangt, so unterliegt es naturgemäß ganz besonderen Schwierigkeiten, diesbezüglich ziffermäßige Anhaltspunkte zu geben. Soviel steht fest, dass frische unzersetzte Streu das Wasser leicht durchsickern lässt, dass dagegen mit dem Fortschritte der Verwesung der Streudecke das Absorptionsvermögen derselben zunimmt. Nach den Untersuchungen Wollnys ergab sich in Consequenz seiner sub 2 und 3 citirten Forschungsresultate,

a. dass von derselben Niederschlagsmenge durch die verschiedenen Streusorten bedeutend größere Mengen von Wasser absickern als durch die Erde.

b. dass die von Eichlaub,-Buchenlaub,-Fichtennadel- und Kiefernadelstreu in die Tiefe abgegebenen Wassermengen nur wenig von einander verschieden, aber wesentlich größer sind, als die aus dem Moose abtropfenden;

---

83) Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs, 1879.

c. dass im Allgemeinen die Sickerwassermengen aus verschiedenen Streudecken unter sonst gleichen Umständen mit der Mächtigkeit der Schichte zunehmen. Auch kann angenommen werden, dass die immergrünen Nadelhölzer die Absickerung des Wassers in den Boden, bezw. die Höhe des Grundwasserspiegels im stärksten Maaße herabsetzen, dann folgen in absteigender Reihe die Laubhölzer.

Ueber die Wassermassen, welche in die Bodendecke des Waldes einsickern, und so den Abfluss zu den Bächen und Flüssen verringern und verlangsamen, kam Ebermayer zu dem Schlusse, dass die Sickerwassermenge von der Verdunstungsgröße, von der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Bodens, von der Art der Bodenbedeckung, der Lage und den Terrainverhältnissen abhängt. Sehr dicht stehende Pflanzen mit in einander verschlungenen Wurzeln erschweren das Eindringen des Wassers bedeutend; im streubedeckten Waldboden sickern um 24 Procent mehr ein als im nicht bewaldeten Boden. Uebrigens hält Ebermayer[76]) auch diese Frage für noch lange nicht abgeschlossen. Karl v. Fischbach hat auf dem 1890er Wiener internationalen, land- und forstwirthschaftlichen Congresse hervorgehoben, dass der Einfluss des Waldes auf die Zuleitung der Tagewasser in die tieferen Schichten des Erdbodens und die damit zusammenhängende Speisung der Quellen, noch zu wenig untersucht sei, um bestimmte Behauptungen aufstellen zu können.

Von den Schwierigkeiten, welche sich sonach der Festsetzung eines nur annähernd richtigen Versickerungsprocentes entgegenstellen müssten, abgesehen, ist zu berücksichtigen, dass dieselbe für die vorliegenden Zwecke deshalb überflüssig erscheint, weil angenommen werden kann, dass die größte Sickerwassermenge denn doch wieder in irgend einer Weise dem oberirdischen Abflusse in den offenen Gerinnen zugute kommen muss.

Werden die vorstehenden Betrachtungen über das gesammte Absorptionsvermögen des Waldes zusammengefasst und die im Hinblick auf die Veränderlichkeit der Verhältnisse allerdings nur einen gewissen, problematischen Werth besitzenden, lediglich der besseren Information dienenden, abgeleiteten Zahlen berücksichtigt, so ergibt sich nach Abzug der Verdunstungs- und Absorptionsprocente von zusammen ca. 55 % eine Abflussmenge, einschließlich eventueller Sickerwässer, von insgesammt im Mittel ca. 45 % des gesammten Niederschlages, ein Abfluss-Coef-

ficient, welcher mit den reichlichen Erfahrungsresultaten übereinstimmt, die in neuerer Zeit bezüglich des Wasserabflusses in Bächen unter mitttleren Verhältnissen gewonnen wurden. Diesen Erfahrungen entsprechend, kommen zum Abflusse:

1. In hochcultivirten Ländern und in Hängen, die eine reichliche Quellenbildung besitzen . . . . . 30—35%
2. In bergigen Sammelgebieten mit guter Bestockung . . . . 35—45%
3. Ebenso in solchen mit mangelhafter Bestockung 45—55%
4. In kahlen Sammelgebieten . . . . 55—60%

Im Hochgebirge kann dieser Coefficient allerdings infolge der großen Steilheit und, weil ober der Vegetationsgrenze, auch vielfach absoluten Nacktheit der Gehänge nicht unwesentlich größer werden, sowie denn die reichen Schneefälle in Hochlagen, insbesondere auf gefrorenem Boden, und die rasche Schneeschmelze den Abfluss ganz wesentlich erhöhen können.

Wenn sich auch die Abflussverhältnisse großer Gebiete mit jenen kleinerer nicht gut vergleichen lassen, so möge doch als Anhalt dienen, dass nach den zahlreichen Messungen Harlachers der Abfluss-Coefficient für das gesammte Elbegebiet mit 27% an genommen wird. Sogar während der Hochfluth des Jahres 1897 kamen nach den Messungen des österr. hydrographischen Centralbureaus in der Donau bei Wien nur 42%[84]) der oberhalb im Donaugebiete niedergegangenen Regenmengen zum Abflusse. Allerdings ist diese letztere Ziffer insofern nicht ganz verlässlich, als ein Theil der Regenmengen gewiss erst später zum Abflusse kam. Dagegen ist gewiss auch während der so sehr heftigen Regenperiode das Retentionsvermögen der Gebiete ein sehr geringes gewesen.

Wenn auch zugegeben werden muss, dass alle bisher angestellten Versuche, das Abflussprocent oder den Abflussfactor zu bestimmen, daran kranken, dass es sehr schwer fällt, Niederschlag und Abfluss bei Berücksichtigung der mannigfachen, einflussnehmenden Verhältnisse einander gegenüber zu stellen, und wenn die im Vorstehenden abgeleiteten Werthe auch nur ganz vage Mittelwerthe darstellen, so ist doch nicht zu bezweifeln, dass die Frage des Waldschutzes vom Standpunkte der Absorption der Niederschlags-

84) „Die Hochwasserkatastrophe der Jahres 1897 in Oesterreich", Beiträge zur Hydrographie Oesterreichs. Herausgegeben vom k. k. hydrographischen Centralbureau in Wien. II. Heft. 1898.

mengen, vom Standpunkte der Retention, eine ganz andere Grundlage als vom klimatologischen Standpunkte gewinnt, denn das Retentionsvermögen des Waldes in gedachter Richtung zeichnet sich vor dem jeder andern Vegetationsform sicherlich vortheilhaft aus. Das Laubdach des Waldes bricht, um dessen günstige, eben besprochene Wirkung nochmals zu skizziren, die Kraft der Niederschläge und bewirkt eine Vertheilung derselben auf die ganze große Oberfläche des Kronendaches, wodurch eine größere Verdunstung, eine stärkere Absorption eintritt, was zur Folge hat, dass nur ein Theil der Niederschläge die Bodendecke und zwar nur allmählich und im vertheilten Zustande erreicht. Diese letztere und die unter derselben befindliche Humusschichte erhalten auf diese Weise Zeit, möglichst viel Wasser aufzunehmen und sich zu sättigen; die schwammartige Decke des Waldbodens dient sonach in erster Linie als Regulator und Reservoir der meteorischen Niederschläge. Diese gleichmäßige Vertheilung und allmähliche Versickerung der atmosphärischen Niederschläge wird um so bedeutungsvoller, je höher die Waldungen über der Thalsohle liegen, und je steiler die Lehnenlage ist, denn es vermehren sich die Feuchtigkeit der Luft und die Niederschlagsmengen mit der Höhenlage, es wächst mit ihr und mit der Steilheit der Lehne die Geschwindigkeit und lebendige Kraft des abfließenden Meteorwassers.

Allein leider sind es neben den meteorologischen auch die geognostischen, und andere Verhältnisse, welche die in Rede stehende Wohlfahrtswirkung des Waldes bestimmen und seiner Retentionsfähigkeit mitunter rasch ein Ziel setzen. So kann hie und da die betrübende Wahrnehmung gemacht werden, dass sich selbst der bestgepflegte Wald im Falle besonderer kosmischer und meteorologischer Ereignisse, dann im Falle des Vorhandenseins eines sich rasch sättigenden oder eines mehr wasserundurchlässigen Bodens, der Wucht des Elementes beugen muss und Ueberschwemmungen nicht zu verhindern vermag.

Der sicherlich bestgepflegte Wiener-Wald, um nur ein Beispiel anzuführen, mit einem 85 procentigen Antheile an dem Niederschlagsgebiete des Wienflusses, vermag die Hochwässer nicht immer zu bannen.

Nichtsdestoweniger können solche Verhältnisse der Werthschätzung des Waldes in gedachter Richtung keinen Abbruch thun und den Grundsatz seiner unbedingten Erhaltung in keiner

Weise und dies umsoweniger erschüttern, als ihm im Regime der Gewässer noch eine weit größere Aufgabe, die Retention des Geschiebes zufällt.[85, 86, 87 u. 88]

Mechanisches Abflusshinderniss und Verminderung der Geschiebeführung.

Jede wie immer geartete Bodendecke bietet dem Wasserabflusse eine hindernde Zwischenschichte. Selbst in jenen Fällen, in welchen die Bodendecke aus Wiese und Weide besteht, wird je nach dem Grade ihrer Dichte der Wasserabfluss lediglich im Hinblick auf den gemeinten mechanischen Widerstand mehr oder weniger verzögert, was namentlich, ganz abgesehen von der hiemit in Verbindung stehenden Beförderung der Verdunstung, auf steilen Hängen von hervorragender Bedeutung ist. In dieser Richtung von wohlthätigstem Einflusse ist jedoch der gut gepflegte Wald, denn dessen Streu- oder Moosdecke verlangsamt unter Mitwirkung der zahlreichen Baumstämme die Bewegung des oberflächlich abfließenden Wassers und erschwert das Abrutschen des Schnees in steilen Lagen. Ebermayer[76]) verweist diesbezüglich

---

Hinsichtlich der Bestimmung des jährlichen Abflussfactors und der hiemit im Zusammenhange stehenden, theilweise auch für die vorliegenden Zwecke wissenswerthen Betrachtungen, wird noch verwiesen auf:

85) „Untersuchungen über Verdunstung und Abfluss von größeren Landflächen"; von Prof. A. Penck, Wien 1896 und

86) „Essai-programme d'Hydrologie"; von Dr. Ed. Imbeaux. Zeitschrift f. Gewässerkunde, Jahrgang 1899.

87) „Allgemeine Erdkunde" von Hann, Hochstetter u. Pokarny, II. Abtheilung. „Die feste Erdrinde und ihre Formen" von Ed. Brückner. Wien, 1898.

88) „Versuche zur Aufstellung einer allgemeinen Uebersicht der aus der Größe und Beschaffenheit der Flussgebiete abgeleiteten Schweizerischen Stromabflussmengen, gestützt auf die meteorologischen u. hydrometrischen Beobachtungen der Schweiz, nebst Anleitung zur Behandlung dieser Aufgabe im Allgemeinen"; von Robert Lauterburg, Bern 1876. Von der Anschauung ausgehend, dass sich die Abflussmenge und Abflussgeschwindigkeit je nach Steilheit, Culturlosigkeit oder Sterilität, sowie Dichtigkeit der Thalwände und der Thalsohle richten wird, hat Lauterburg seinen Berechnungen einen sog. Zustandsfactor zu Grunde gelegt, welcher sich aus drei, auf Steilheit Culturzustand und Bodendichte beziehende Componenten α_1, α_2 u. α_3 zusammensetzt.

Die für die schweizerischen Flüsse verwendeten Factoren schwanken zwischen 0,966 für den Tessin bei Biasca und O, 3 für die Glatt, einen Nebenfluss des Rheines; man kann sie aber im Mittel mit 0,5—0,6 annehmen.

auf Messungen des Betrages der oberflächlich abfließenden Niederschlagsmengen auf einem bewaldeten und einem nicht bewaldeten Gebiete im Elsass, wonach sich das Verhältniss der Ueberschwemmungsgefahr wie 1 : 2 stellte, wobei allerdings anzunehmen ist, dass schon die Absorptionswirkung des Waldes berücksichtigt erscheint. Auch bemerkt Ebermayer, dass die oberflächliche Abflussmenge in Fichtenbeständen mit gleichmäßig vertheilter Moosdecke zweifellos geringer sei, als in Buchenwäldern mit Laubdecke, obzwar letztere, namentlich im Herbste nach dem Laubabfalle, wenn also frisch, dem oberflächlich abfließenden Wasser besondere Hindernisse bietet[89]). Diese Verlangsamung des Wasserabflusses, bei heftigen Regengüssen sowohl, als auch bei Schmelzen des Schnees, ist namentlich in steilen Lagen nicht zu unterschätzen, denn eine Verzögerung, von wenn auch nur geringer Dauer, kann local von großer Bedeutung sein, insbesondere seit dem durch Flusscorrectionen vielfach eine Beschleunigung des Wasserabflusses bewirkt wurde.

Nach allen bisherigen Erfahrungen und Versuchen ist die Behauptung gerechtfertigt, dass der Wald am meisten zur Verzögerung des Wasserabflusses beiträgt, dass dann in absteigender Reihe die Ackerculturen folgen, demnächst die permanenten Gras- u. Futterflächen, während vom kahlen und wenig bewachsenen Boden die Ableitung des Wassers am unregelmäßigsten und schnellsten erfolgt.

Von besonderer Wesenheit ist aber die Thatsache, dass durch den Wald, beziehungsweise durch dessen Wurzelsystem das Erdreich mechanisch festgehalten und durch Verminderung der Stoßkraft des Wassers die Runsenbildung, das Abbröckeln des Erdreichs und so die Geschiebebildung, wenn auch nicht immer unmöglich gemacht, so doch erschwert werden.

Die Richtigkeit dieser Thesen wurde durch Erfahrungen mehrfach bestätigt, übrigens schon im Jahre 1859 auch auf dem Wege des directen Versuches durch Forster[90]) auf einem unter 45 % geneigten Hange zu erweisen gesucht. Forster hat $^1/_7$ der Hangfläche und zwar die eine Hälfte ganz, die zweite bis an das untere Viertel abgestockt, während der restliche, $^6/_7$ der Gesammt-

89) In einer sich dermalen unter der Presse befindlichen Abhandlung Neys, „Die wasserpolizeiliche Bedeutung des Gebirgswaldes“, wird die Frage des mechanischen Hindernisses der Streudecke näher erörtert werden.

90) „Annales forestières“, 1859, pag. 358.

fläche betragende Theil bewaldet blieb. Es hat sich nun die Thatsache ergeben, dass die mit Buche und Eiche bestockte größere Versuchsfläche gar keinen Wasserriss aufzuweisen hatte, der ganz entwaldete Theil drei von oben nach unten im Querschnitte zunehmende Wasserrisse und die nur zum Theil entwaldete Fläche vier Runsenbildungen besaß, von denen eine im Walde ganz verlief, die übrigen jedoch beim Eintritte in den Wald ihren Querschnitt außerordentlich verengten.

Allerdings können auch Umstände eintreten, bei deren Zusammenwirken die sonst unzweifelhaft verminderte Erosionswirkung des Wassers im Walde geradezu gesteigert wird. In dieser Richtung lehrreich war das Hochwasser des Jahres 1897 in Nordböhmen, während dessen Verlaufe sich innerhalb der Gebiete der Domänen Hohenelbe und Marschendorf, Stromgebiet der Elbe, nicht weniger als 63 Erosionsrinnen und sonstige Rutschungen, durch welche große Holz- und Geröllmassen zu Thale gefördert wurden, im vollbestockten, schönsten Walde gebildet hatten.

Nach Altersklassen des Holzbestandes von 20 zu 20 Jahren, stellte sich die Runsenbildung wie folgt:
und zwar:

in	der	I.	Altersklasse	14	Runsen
„	„	II.	„	17	„
„	„	III.	„	5	„
„	„	IV.	„	19	„
„	„	V.	„	7	„
„	„	VI.	„	1	„

Die Länge der Runsen schwankte von 50 bis 400 m, deren Breite von 10 bis 80 m.

Im Ursprungsgebiete der Aupa, im sogenannten Riesengrunde, ist mitten im Walde eine Erdlawine 1000 m lang, 80—100 m breit entstanden, welche große Holzmengen in das Rinnsal der Aupa gebracht hat. Sie begrub sieben Menschen und zerstörte einige Häuser.

Im unbewaldeten oder mit Knieholz mehr oder weniger bewachsenem Terrain, in der Meereshöhe von 1300 bis 1450 m, dann in ganz kahlen, nur mit Gras bewachsenen Hochlagen sind zu jener Zeit nur wenige Muren abgegangen. Die mit wenig Grummet bewachsen gewesenen Bergwiesen haben so gut wie gar nicht gelitten. Die Terrainbewegungen im Walde fingen alle sehr schmal, nach Art von Erosionsrinnen an und nahmen in Form eines spitzen Dreiecks,

ganz entgegengesetzt der Form nach Forster, nach abwärts hin an Breite zu, formten sich sonach nach Art des Murbruches aus. Dagegen hatten die Erosionsrinnen im kahlen Terrain eine fast gleichmäßige Breite beibehalten. Diese auffallende Erscheinung, welche dem Laien die günstige Wikung des Waldes vielleicht zweifelhaft erscheinen lassen könnte, ist auf den Umstand zurückzuführen, dass zur Zeit der gemeinten Katastrophe, und zwar gerade gelegentlich der größten Niederschläge, ein heftiger Sturmwind losbrach, der ganze Partien des flachwurzeligen und durch die Niederschläge sehr schwer gewordenen Fichtenwaldes auf dem durchnässten, seichtgründigen Waldboden zum Sturze brachte. Die schwere, oberirdische Holzmasse musste die Bewegungstendenz des Terrains fördern und zur Entwickelung der Muren beitragen, deren Bedeutung im Hinblick auf die Gefahr der Bachverklausungen eine größere war, als wenn es sich um bloße Erdbewegungen gehandelt hätte. Das sind aber ganz außerordentliche Verhältnisse, welche der Bedeutung des Waldes in gedachter Richtung keinerlei Eintrag zu thun vermögen. Es ist gewiss, dass bei Vorhandensein tiefwurzelnder Holzarten, oder solcher mit geringer oberirdischer Holzmasse, selbst so selten ungünstige Umstände, wie die damals herrschenden, die günstige Wirkung des Waldes nicht gestört hätten.

Der allgemein günstige Einfluss des Waldes auf Verminderung der Geschiebeführung durch Einschränkung des Verwitterungsprocesses, Abschwächung der Erosions-, Corrosions- und unterwühlenden Wasserwirkung, dann auf den Abgang von Lawinen und alle sonstigen Vorgänge innerhalb der Niederschlagsgebiete, durch welche den Rinnsalen Geschiebe zugeführt wird, wurde bereits im ersten Abschnitte erörtert, und es kann daher hier darüber hinweggegangen werden.

Erwähnenswerth ist nur noch, dass sich auf Grund der anlässlich der beiden Hochwässer des Jahres 1882 in Tirol angestellten Untersuchungen, die folgenden näheren Behauptungen haben aufstellen lassen:

Laubhölzer und dies namentlich solche mit Pfahlwurzel oder reicherer Bewurzelung, trugen wesentlich zur Bindung des Bodens bei und waren besonders geeignet, Terrainabrutschungen und die Bildung von Murbrüchen zu verhindern.

Nadelhölzer mit sehr guter und mittelmäßiger Bestockung widerstanden am besten der ungünstigen Einflussnahme der reichen Niederschläge des Jahres 1882, und das Abrinnen des Wassers

auf der Oberfläche des Bodens fand in solchen Wäldern fast gar nicht oder doch nur im verminderten Grade und in ungefährlicher Weise statt. Rutschungen und eigentliche Murbrüche kamen in derartigen Beständen, wenn nicht durch Unterwaschung der Lehnenfüße und nachfolgendes Einstürzen der letzteren hervorgerufen, am seltensten und dann am meisten auf schieferigem Grundgestein vor.

Im Gebiete des Krummholzes, beziehungsweise überall dort, wo Legföhren und Alpenerlen vorkommen, wurde constatirt, dass solche Bestände den Absitzungen und Murbrüchen den meisten und zähesten Widerstand entgegensetzten und in ihnen Murbrüche überhaupt nicht entstanden sind.

An sanft ansteigenden und mäßig steilen Berglehnen ist rücksichtlich des Verhaltens der Altbestände zu Mittelbeständen und Jungwüchsen kein wesentlicher Unterschied beobachtet worden, dagegen haben in steilen und sehr steilen Lagen, Mittel- und Jungbestände ein entschieden günstigeres Verhalten als die in der Regel lichten Altbestände gezeigt.[91])

Die Waldwirthschaft im Wildbachgebiete.

Von hervorragendem Einfluss auf die Retentionswirkung des Waldes, sei es was die Zurückhaltung des Wassers, sei es was jene des Geschiebes anbelangt, ist dessen Lage und Beschaffenheit und mit letzterer im Zusammenhange, dessen Bewirthschaftung. In gewisser Beziehung sind diese beiden Momente, Lage und Beschaffenheit, von größerer Bedeutung, als das Moment der Ausdehnung des Waldes, denn es kommt nicht so sehr darauf an, wie viel Wald dort und da zu zählen ist, sondern wo und in welchem Zustande er sich befindet.

In den Gebirgsländern, woselbst die Niederschläge heftiger, die Abflussgeschwindigkeit infolge der topographischen Beschaffenheit größer und die Geschiebebildung bedeutender sind, dann

91) Der Einfluss des Waldes auf das Regime der Gewässer wird nicht nur in Europa, sondern auch in überseeischen Ländern zu ergründen gesucht. Hier voran in Indien und in Amerika. Bezüglich Amerikas sei auf mehrere einschlägige Artikel in der Zeitschrift „The Forester“ Zeitschrift des amerikanischen Forstvereines, Washington 1889, 1900, und 1901 verwiesen. Von Interesse ist insbesondere der in Heft 11 und 12, Jahrgang 1899, erschienene Artikel „Effect of forests on water suppley“ von H. Hawgood.

wo die Gefahr der Verschüttung des Culturlandes und der Verödung der Berghänge drohender ist als im Hügel und Flachlande, kommt dem Walde im allgemeinen eine ganz besonders wichtige Rolle in der Bodenwirthschaft zu, und dies um so mehr, als der Wald im Gebirge gerade das steilste, also meist gefährdete Terrain einnimmt, während das ebene oder weniger steile Gelände der Landwirthschaft dient.

Diese steilen und vielfach unmittelbaren Einhänge der Gewässer sind es, welche im Hinblick auf die Regelung der Abflussverhältnisse vor allen andern bewaldet bleiben, bzw. wieder bewaldet werden müssen.

Den Waldbeständen an der Vegetationsgrenze fällt die besondere Aufgabe der unmittelbaren Zurückhaltung, Einhüllung des aus den höchsten vegetationslosen Regionen herablangenden Schuttes zu, und sie sollen deshalb gleichfalls in Form eines möglichst dichten Waldgürtels erhalten bleiben, bzw. wieder begründet werden.

Wo Lawinengefahr zu befürchten, dann wo mit Rücksicht auf die geognostischen und andere Verhältnisse Erosionswirkung, Murbrüche drohen, kurz wo „Volantwerden" größerer Schuttmassen zu gewärtigen ist, dort ist der Wald gleichfalls besonders zu pflegen, wenn thunlich Waldland neu zu begründen.

Nicht so sehr um die Ausdehnung desselben, sondern vielmehr um Erhaltung des Waldes in den zutreffenden Oertlichkeiten und um dessen ordnungsgemäße Bewirthschaftung kann es sich handeln.

Aus Anlass einer im Jahre 1883 nach Kärnthen und Tirol zu dem Zwecke unternommenen Studienreise, um sich über die vermeintlichen Ursachen der bedeutenden Hochwasserkatastrophen des Jahres 1882 Klarheit zu verschaffen, sprach sich Hofrath Professor Adolf von Guttenberg[92]) dahin aus, dass es sich weit mehr um Besserung der Waldwirthschaft als um die Vermehrung des Waldstandes handele. Man dürfe nicht vergessen, dass z. B. Kärnthen mit 44,6 % Waldfläche nächst der Bukowina das meist bewaldete Land Oesterreichs sei. Es sei aber auch nichts damit gethan, wenn große Waldstrecken als „Schutzwald" erklärt werden, so sehr dies zur entsprechenden Durchführung des Forstgesetzes wünschenswerth wäre und wenn allenthalben nur der

---

92) Oesterr. Forstzeitung No. 19, 21, 38 und 39 vom Jahre 1883.

Plenterbetrieb angewendet und empfohlen werde. Von größerem Belange als insbesondere letzteres scheine es, dass auf eine bessere Pflege der Wälder, auf die so vielfach vernachlässigte Wiederaufforstung, auf die Abschaffung der übermäßigen Streunutzung und nicht zu mindest auf die Besserung der Besitzverhältnisse hingewirkt werde.

Hinsichtlich der Bewirthschaftung des Waldes kommen für den vorliegenden Zweck die Art der Haupt- und Nebennutzung, dann die Art der Holzbringung im Walde, und die Entwässerung des Waldlandes in Betracht.

Die erstere, die Art Hauptnutzung, steht nicht immer im Einklange mit jenen Forderungen, welche im Interesse der Regelung der Wasserabflussverhältnisse gestellt werden müssen.

Die Frage, welche in gedachter Richtung am meisten erörtert wird, betrifft die Wahl der Betriebsart:

Kahlschlag- oder Plenterbetrieb?

Es kann oft beobachtet werden, dass selbst in hoher Lage Kahlhiebe ohne Rücksicht auf die Standortsverhältnisse und nur mit Aussicht auf möglichste Rentabilität, Herabsetzung der Bringungskosten etc., und zwar nicht in schmalen Streifen, sondern in möglichst großen Flächen geführt werden.

Der Kahlschlag hat naturgemäß den Nachtheil, dass des öfteren ein wunder offener Boden entsteht, welcher sich je nach seiner Güte später mit mehr oder weniger guten Schlaggräsern und Kräutern überzieht. Diese neue Bodendecke bewirkt nicht allein eine rasche Zersetzung der für die Aufsaugung und Bindung des Meteorwassers wichtigen Humus- und Feinerdeschichte, sondern verfilzt auch gewöhnlich die obere Bodendecke derart, dass die Wässer nur sehr schwer durch dieselbe dringen können, daher bei starken Niederschlägen rasch auf der Erdoberfläche abrinnen. Nach den Untersuchungen Hoppes[93]) nimmt die Fähigkeit des Bodens, Wasser aufzunehmen, wenigstens was den Lehmboden anbelangt, infolge Abnahme des Humusgehaltes in den oberen Schichten des der Sonnenwärme und den Atmosphärilien ausgesetzten Bodens, in Schlagflächen ab.

---

93) „Ueber Veränderungen des Waldbodens durch Abholzung"; von Dr. Ed. Hoppe, Mittheilung der k. k. forstl. Versuchsanstalt in Mariabrunn. Centralblatt für das gesammte Forstwesen, 1898.

Zu berücksichtigen ist weiter, dass sich gewöhnlich auf dem unbeschirmten Boden bedeutende Schneemassen ablagern, welche bei dem Eintritte wärmerer Witterung rasch schmelzen und deren Wässer bei dem mangels der Beschirmung gewöhnlich stark gefrorenen Boden rasch über denselben abfließen; auch können solche Schneemassen in den höheren Lagen die erste Veranlassung zur Bildung von Lawinen geben.

Selbstverständlich treten die Nachtheile eines unbeschirmten Bodens um so mehr zum Vorschein, je höher und exponirter die Lage, je mehr der Boden der Sonne, dem Winde und Wetter ausgesetzt und je geringer die Bodengüte ist.

Ein Nachtheil des Kahlschlagbetriebes in exponirten Lagen ist auch der, dass die Wahl der heranzuziehenden, in der Jugend widerstandsfähigen Holzarten eine beschränkte ist. Die Eigenschaft, den Schutz der Mutterbäume entbehren zu können, besitzen nur die Eiche, Kiefer, Lärche, Zirbe und Fichte, von welchen jedoch die beiden ersteren Holzarten nur in den tieferen und wärmeren Lagen den für ihr Gedeihen geeigneten Standort finden, weshalb ihr Vorkommen in den Hochlagen ein sehr beschränktes ist.

Die Zirbe verlangt mehr die hochgelegenen, warmen Südost- und Westseiten mit frischem, kräftigem Boden, die Lärche eine windgeschützte Lage mit lockerem, tiefgründigem Boden. Von den obgenannten Holzarten hat deshalb die Fichte beim Kahlschlagbetrieb die größte Verbreitung, doch sind derlei Bestände zwar vom Standpunkte des Ertrages sehr zu schätzen, vollständigen Bodenschutz gewähren sie aber nur in der ersten Jugend; der alte Bestand lichtet sich und ist der Windwurfgefahr sehr ausgesetzt.

Als Vortheile des Plenter- oder auch Femelschlagbetriebes sind im Hinblick auf das Retentionsvermögen des Waldes im Gegensatze zum Kahlschlagbetriebe anzuführen: das Meteorwasser findet bei der rasch wechselnden Gruppirung sämmtlicher Alterstufen eine gleichmäßigere und bessere Vertheilung und wird, da die Jung- und Vorwuchshorste es zum Theile aufsaugen und zwingen durch die von den Wurzeln gleichsam eröffneten Canäle allmählich nach der Tiefe zu versickern, wirksamer im raschen Abflusse verhindert. Auch die Schneeschmelze geht in solchen Beständen langsamer und regelmäßiger vor sich.

Im übrigen ist nicht zu unterschätzen, dass der Plenterwald

allen jenen Gefahren, welchen die reinen, gleichaltrigen Bestände ausgesetzt sind, in weit geringerem Maße unterworfen ist, was sich nicht allein durch seine der Natur am nächsten kommende Form, sondern auch durch die besser gepflegte Bodenthätigkeit, welche den bessern Waldwuchs und hiedurch eine größere Widerstandsfähigkeit gegen äußere Gefahren bedingt, erklärt.

Nach Anschauung A. Puenzieuxs[94]) ist der Kahlschlag im Hochgebirge unter Umständen zulässig und kann dort auch vor andern Nutzungsarten dann den Vorzug verdienen, wenn gute, an das Klima gewohnte Pflanzen in genügender Nähe zur Verfügung stehen und wenn die Waldbesitzer gewillt sind, die Aufforstung rasch durchzuführen und zu unterhalten. Dagegen sagt Fankhauser[94]), der Kahlschlag mit künstlicher Verjüngung sei in Hochlagen als ein Nothbehelf, als letztes Hilfsmittel, nachdem alle andern versagt haben, zu betrachten.

Gewiss ist der Kahlschlag dort nicht am Platze, wo es sich um erhöhten Bodenschutz und um möglichste Verminderung des Wasserabflusses handelt, er kann deshalb für die steilen Einhänge der Gewässer nicht nur nicht empfohlen werden, ist dort vielmehr im Interesse der Regelung der Abflussverhältnisse, wenn es die einschlägigen gesetzlichen und forstpolizeilichen Vorschriften zulassen, zu untersagen.

Der vorbesprochene Hauptnutzungsbetrieb erscheint jedoch für die gegenständlichen Betrachtungen deshalb nicht von so einschneidender Bedeutung, weil die Frage der Wahl der gemeinten Betriebsart denn doch der Hauptsache nach im Großgrundbesitze actuell ist und man von diesem in der Gegenwart und Zukunft mit Recht eine pflegliche Bewirthschaftung, zumindest eine rasche Wiederaufforstung im Falle von Kahlschlägerungen erwarten kann. Auch sind bereits in manchen Staaten gesetzliche Maßregeln ins Leben gerufen worden, welche der staatlichen forstlichen Aufsichtsbehörde eine hinreichende Ingerenz in gedachter Richtung einräumen.

---

94) „Ueber Kahlschläge im Gebirgswalde"; von A. Puenzieux; bezw. „Zur Frage der Kahlschläge im Gebirge"; von Dr. F. Fankhauser. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. No. 5 und 6, 1900.

Die Nebennutzung im Walde, Besitzesverhältnisse, Holztransport, Entwässerung von Waldland und von Gebirgsmooren.

Von größerer Bedeutung ist die Nebennutzungsfrage, welche vornehmlich den Kleingrundbesitz berührt. Sie ist dies umsomehr, als sich die Art der Nebennutzung der staatlichen Forstcontrole in der Regel weit mehr entzieht, als jene der Hauptnutzung.

Hinsichtlich der Bewirthschaftung des Bauernwaldes in Oesterreich hat von Guttenberg[95]) gelegentlich eines in der Section Austria des deutsch-österr.-Alpenvereines gehaltenen Vortrages ein lebendiges Bild entrollt, und hiebei namentlich die Nebennutzungsfrage in das richtige Licht gestellt. —

Von Guttenberg beklagt mit Recht außer der häufig zu constatirenden unrationellen, übermäßigen Holznutzung, die Streuentnahme, die Viehweide im Walde und die Harznutzung. Von diesen ist es die Streunutzung, insbesondere die Bodenstreunutzung, welche für den vorliegenden Zweck von größter Bedeutung ist, denn, wie schon Oberforstmeister Ney in seinem Referate[96]) über, „Wasserregulirung und Wasserbenutzung im Gebirge“ sagt, und was ja auch aus den früheren Ausführungen über die Absorptions- und Retentionswirkung des Waldbodens erhellt, ist es nicht so sehr der Wald als solcher, sondern vielmehr die in demselben vorhandene Streudecke, welche als das beste Mittel der Wasserregulirung im Gebirgswalde anzusehen ist.[97]) Wie es nun gerade vielfach mit dieser Streudecke in den Waldungen der Gebirgsbauern bestellt ist, ist genugsam bekannt. Allein auch die übermäßige Aststreugewinnung, wie sie in Abbildung No. 20, Seite 116, ersichtlich ist, das sogenannte „Schneiteln,“ ist im Hinblick auf die in Rede stehende Wohlfahrtswirkung des

95) „Ueber Waldmisshandlung in unseren Alpenländern“; von Hofrath Adolf Ritter von Guttenberg. Zeitschrift des deutschen und österr. Alpenvereins. München 1898.

96) „Wasserregulirung und Wasserbenutzung im Gebirge“; Vortrag gehalten von Oberforstmeister C. E. Ney, enthalten im Berichte über die zwanzigste Versammlung des Elsass-Lothringischen Forstvereines zu Strassburg am 23. Mai 1898. Barr 1898.

97) Ueber das Wesen der Streunutzung sowohl, als auch der Waldweide, dann die rationelle Ausnützung bezw. Ausübung derselben, gibt Prof. D. A. Bühler in seiner „Forstbenutzung“, Handbuch der Forstwissenschaft von Dr. Tuisko Lorey, Tübingen 1887, erschöpfenden Aufschluss.

Waldes schädlich, denn der Boden hagert in den geschneitelten Waldungen aus, die Atmosphärilien wirken in erhöhtem Maße auf ihn, seine Verwitterung, durch die Beschirmung nicht hinreichend gehemmt, kann infolge der mechanischen Thätigkeit der Wurzeln wesentlich gefördert werden. Solche Waldungen sind daher, was ihre bodenbindende Kraft anbelangt, mitunter schlechter als keine.



Abbildung Nr. 20. Schneitelbestand im Maltathal, Kärnthen.
Nach einer photograph. Aufnahme von Hofrath Adolf Ritter von Guttenberg.

Gelegentlich der Hochwasserkatastrophe des Jahres 1882 in Tirol und Kärnthen konnte die Beobachtung gemacht werden, dass Nadelholzwaldungen mit geringer Bestockung und naturgemäß auch mit geringen Streuschichten, ein wenig günstiges Verhalten rücksichtlich der Aufnahmsfähigkeit der Niederschläge, deren Zurückhaltung und ungefährlicher Abfuhr in die Niederungen zeigten. Ferner war zu constatiren, dass durch die Aststreugewinnung die Wasseraufnahmsfähigkeit herabgedrückt und besonders in steilen Lagen ein Abschwemmen des Bodens, hauptsächlich der geringen und lockeren Humusschichte, sowie die Bildung von Runsen und Gräben begünstigt wurde.

Eine weitere Nebennutzung, die Waldweide, ist nicht allein wegen Hemmung des Holzwuchses, sondern auch deshalb schädlich, weil durch sie Bodenverwundungen entstehen, dem Wasser Gelegenheit geboten wird zu stagniren, und Terrainabsitzungen hervorgerufen werden können. Ein herabgekommener, mit Weideservituten belasteter Wald in hoher Lage, im Maltathale in Kärnthen, ist aus Abbildung No. 21 ersichtlich.



Abbildung Nr. 21. Waldweide im Gebirge.
Nach einer photograph. Aufnahme von Hofrath Adolf Ritter von Guttenberg.

Auch die im Gebirge oft geübte Harznutzung führt nicht selten zur Mißhandlung des Waldes und zu dessen Ruin.

Im Hinblick auf die Bedeutung der forstlichen Nebennutzungen im Wildbachgebiete und auf den Umstand, dass dieselben namentlich im Kleingrundbesitze vielfach nicht rationell betrieben werden, gewinnt die Frage des Besitzesverhältnisses besondere Wichtigkeit.

Es ist bezeichnend, dass die Landes-Forstinspectoren, anlässlich des Hochwassers vom Jahre 1899 vom österreichischen Ackerbau-Ministerium zur Aeußerung über die Ursachen dieses Hochwassers verhalten, die zumeist ungünstigen Waldwirthschafts-

verhältnisse des Kleingrundbesitzes, welcher in den meisten Ländern Oesterreichs einen beträchtlichen Antheil an der Gesammtwaldfläche hat, beklagten. Es entfallen nämlich von der Gesammtwaldfläche Oesterreichs per rund 9709000 ha, 1400000 ha auf Gemeinde-, und 7280000 ha auf Privat-Wald; die übrige Waldfläche ist Staatswald. Der Privatwald selbst ist in großer Fläche im Eigenthum des Kleingrundbesitzers. In Oberösterreich entfallen 41 Procent der gesammten Waldfläche auf in 150000 Parzellen vertheilten, vielfach nicht rationell bewirthschafteten Bauernwald. Die Waldfläche Tirols, die rund 1050000 ha umfasst, zählt etwa 120000 ha Staats- und Fondsforste, 553000 ha Gemeinde- und 376000 ha übrigen Privat-Wald. Ueber ein Dritttheil ist also überwiegend klein parzellirt und in Händen der Bauern.[98])

Ueber die Vertheilung der Waldfläche in Deutschland, sowie über die Waldwirthschaftsverhältnisse daselbst, gibt Jösting[69]) folgende Daten. Von dem Gesammtwaldbesitze von rund 13956000 ha entfallen auf Gemeinde-, Genossenschafts- und Privat-Forste rund 9124000 ha. Dass die Waldungen in Deutschland, speciell die Privatwaldungen, überall in guter Beschaffenheit sind, lässt sich nach Jösting nicht behaupten. In der Regel findet man, ganz in Uebereinstimmung mit den österreichischen Verhältnissen, dass sie um so schlechter bewirthschaftet werden, je kleiner der Wald des einzelnen Eigenthümers, je kleiner die Waldparzelle ist. Am schlechtesten sind aber die Waldungen, in denen Nebennutzungen, insbesondere die Streunutzungen, ausgeübt werden, denn gerade diese zehren, wie Jösting richtig bemerkt, am meisten am Marke des Waldes.

Es würde zu weit führen, hier auf die sachgemäßen Ausführungen dieses Autors, und besonders auf jene über die Waldstreunutzung des näheren einzugehen. Der Hinweis hierauf muss genügen.

Auch die Waldbesitzverhältnisse in Frankreich sind nicht günstige. Von der Gesammtfläche per 9550000 ha entfallen 6480000 ha auf solche Privat- und Communalwaldungen, welche einer besonderen staatlichen Controle nicht unterworfen sind, d. h. es steht bezüglich dieser Waldungen nur das Verbot der Waldrodung, und das auch nur unter besonderen Verhältnissen aufrecht.

98) Ueber die Bedeutung des bäuerlichen Waldbesitzes in Oesterreich gibt die Schrift: „Der bäuerliche Kleinwaldbesitz, seine Bedeutung, Bewirthschaftung und Pflege“ vor Ethbin und Heinrich Schollmayer, Wien 1900, guten Aufschluss.

Nicht unbeachtet, weil für den vorliegenden Zweck von Bedeutung, kann die Frage des Holztransportes bleiben.

Namentlich im Falle der Anlage von Kahlhieben können durch rücksichtsloses Abbringen der Hölzer nicht nur die oberste Bodendecke beschädigt, sondern auch die tiefer liegenden Erdschichten aufgewühlt werden.

Die in den Waldungen vorkommenden Erdgefährte, Erdriesen, welche jene oft vom Bergesgipfel bis zur Thalsohle durchziehen, fördern wesentlich die Bildung von Murgängen. Es genügt oft ein einziger heftiger Regen, um aus einfachen Bodenaufrissen Gräben zu bilden, welche, einmal entstanden, sich unter weiterer Einwirkung der entfesselten Gewalt des unbehindert abfließenden Wassers rasch nach beiden Seiten hin erweitern und bis zur Erreichung des Grundgebirges vertiefen können. Wenn auch beim Plenterbetrieb die Beschädigung der Bodendecke häufig nicht zu vermeiden ist, so tritt doch im Gegensatze zum Kahlschlagbetriebe die durch Fällung und Bringung erzeugte Bodenlockerung vereinzelt auf und bleibt auf verhältnissmäßig kleine Flächen beschränkt; es vermag der durch die Ueberhalter beschirmte Boden die geschlagenen Wunden leicht auszuheilen. Im übrigen ist schon durch die bessere Vertheilung der Niederschlagsmengen ein Abschwemmen des Bodens nicht so leicht zu erwarten.

Nach heute noch vielfach üblicher, scheinbar einfacher und billiger Art des Holztransportes, d. i. durch das Schwemmen und Triften, wird das in großen Massen, zumeist in Kahlschlägen gewonnene Holz zu seinem Bestimmungsorte befördert. Zur raschen Holzabfuhr werden ferner Klauswässer verwendet und hiebei in der Regel auf Schonung und Beschützung der Triftbachufer nicht besonders Bedacht genommen. Die nachtheiligen Folgen sind dann nicht nur an dem zumeist brüchigen Zustande der Triftbachufer, sondern insbesondere auch an den im Wasserbette selbst abgelagerten bedeutenden Massen von Gerölle, Schotter und Sand bemerkbar. Die Einstellung des Triftbetriebes, wo er in gedachter Weise schädlich wirken könnte, zumindest aber die Einstellung des Triftbetriebes mittelst Klauswässern, oder aber die beste Versicherung und Instandhaltung der Triftbachufer sind geboten.

Was die Entwässerung des Waldlandes anbelangt, so bedarf es keiner weiteren Erklärung, dass durch diese Maßnahme der schnelle Ablauf der Wässer wesentlich gefördert wird.

Gelegentlich des österr. Forstcongresses vom Jahre 1893[99]) wurde auch auf diesen Umstand, sowie auf eine im Jahre 1875 erschienene einschlägige Broschüre des k. k. Ober-Forstrathes Hermann Reuss hingewiesen, in welcher derselbe davor gewarnt hat, die Entwässerung der Wälder, wie dies thatsächlich in Böhmen und gewiss auch anderswo geschah oder noch geschieht, übermäßig zu betreiben.

Die Entwässerung von Gebirgsmooren und Filzen, wie sich solche zumeist an das Waldland anschließen oder von demselben eingeschlossen sind, ist vom Standpunkte der Regelung der Abflussverhältnisse in den Gewässern gleichfalls sehr bemerkenswerth. Während solche Moore Wochen und Monate lang einen stetigen Abfluss in die Bäche und Flüsse zu vermitteln im Stande sind, läuft das Wasser im ausgetrockneten Moore, weil das letztere die erforderliche Capillarität nicht mehr besitzt, rasch ab.

Die große Capillarität und Wassercapacität des Sphagnumtorfes, — und die wichtigste, wesentlichste Pflanze aller Hochmoore ist das äußerst formenreiche Sphagnum, — macht, wie Sitensky[100]) sagt, die großen Sphagnummoore, die in den Grenzgebirgen Böhmens am mächtigsten entwickelt sind, zu den den Wasserstand der Flüsse regulirenden Riesenschwämmen, welche das atmosphärische Wasser ansammeln und es allmählich entlassen.

Ja selbst nach großen Ueberschwemmungen kann das schon mit Wasser vollgesogene Hochmoor noch neue Wassermengen aufnehmen, schwillt dabei nicht selten über Maßen an und zerreißt. Solche Erscheinungen gehören dort, wo es viele nicht entwässerte Hochmoore gibt, nicht gerade zu den ungewöhnlichen.

Die Entwässerung und die Austrocknung der größeren Hochmoore im Gebirge würde sonach sicherlich auf die Wasserverhältnisse eines Landes schädlich wirken. Die unteren Hochmoorschichten nehmen ausgetrocknet kein Wasser auf, die oberen Sphagnumschichten nicht so schnell, wie wenn sie unentwässert feucht sind, und lassen das bei starken Regengüssen herabgefallene Wasser ohne Aufenthalt davon fließen. Einmal angezapft, trocknen Hochmoore bald so vollständig aus, dass sie das Wasser der Niederschläge des Sommers gar nicht mehr annehmen. Ueberschwemmungen

99) Verhandlungen des österr. Forstcongresses 1893. Wien 1893.

100) „Ueber die Torfmoore Böhmens in naturwissenschaftlicher und nationalökonomischer Beziehung, mit Berücksichtigung der Moore der Nachbarländer," von Dr. Franz Sitensky. Prag 1891.

im Frühjahre im Falle von Wolkenbrüchen, Versiegen der Quellen im Sommer, sind die unausbleiblichen Folgen.

In Erkenntniss dieses Verhältnisses wurde gelegentlich des internationalen land- und forstwirthschaftlichen Congresses in Wien im Jahre 1890[101]) die folgende Resolution gefasst: „Die Congressleitung möge bei den Regierungen den Antrag stellen, dass sie die Entwässerung der Gebirgsmoore in der Nähe der Baumgrenze verhinderen und sich die Erlaubniss zur Ausnützung der Hochmoore im Urgebirge vorbehalten."

Es wurde überdies bei jener Gelegenheit hervorgehoben, dass sich die Entwässerung der Hochmoore im Juragebirge schon im Verlaufe des der Entwässerung folgenden Jahres insofern als schädlich erwiesen habe, als die Flüsse im Sommer an Wasserarmuth litten und dadurch die auf die Wasserkraft angewiesenen Industrialien ins Stocken geriethen, was sich nur durch den vollständigen Abfluss der Niederschläge der Frühjahrsperiode erklären lässt. Es wurde auch des Umstandes gedacht, dass sich ausgedehnte Gebirgsmoorflächen, in welchen eine große Zahl von Flüssen ihren Ursprung haben, im böhmischen und sächsischen Erzgebirge, im Harz, im bayrischen und Böhmer Walde, im Fichtelgebirge und in den Alpen vorfinden.

Mit dem vorstehend Angeführten ist die Aufzählung jener Momente nicht erschöpft, welche als Ausfluss der Waldwirthschaft für das Regime der Gewässer von Bedeutung sein können. Es mag aber das Erwähnte genügen, um ihre Bedeutung für dieses Regime zu erkennen. Dank dieser Erkenntniss und dank den Bestrebungen der maßgebenden Kreise sind die Waldwirthschaftsverhältnisse in den einzelnen europäischen Staaten sicherlich auf dem Wege erfreulicher Besserung begriffen.

Die Alpen- und Weidewirthschaft im Wildbachgebiete.

Wenn von dem Einflusse der Vegetation auf das Regime der Gewässer die Rede ist, so wird stets und bis zu einem gewissen Grade mit vollem Rechte, der Waldfrage die größte Beachtung geschenkt. Dabei wird aber nicht selten übersehen, dass, vielfach wenigstens, auch sehr schädliche Einflüsse oberhalb der gegenwärtigen Holzgrenze, in jener Höhenzone zu suchen sind, welche

101) Publicationen über den internationalen land- und forstwirthschaftlichen Congress zu Wien. September 1890.

man als Region der „Alpenweiden“ bezeichnet und wo klimatische Gründe das Gedeihen des Baumwuchses ausschließen oder auszuschließen scheinen.

Diese breite, weit ausgedehnte Region ist es, welche schon seit geraumer Zeit unbeanstandet, wie selbstverständlich, einer Umwandlung hinsichtlich der Pflanzendecke unterworfen ist. Jeder Baum, der allenfalls als letzter Rest eines ehemaligen, wenn auch nur schüttern und schlechtwüchsigen Bestandes vorhanden, alles Buschwerk, Erdgesträuch wird vernichtet, um nur das Weideland der Fläche nach zu erweitern. Die Wurzelgräberei, das Scharren und Kratzen des immer spärlicher werdenden Graswuchses, das alles führt zur sichern Verschlechterung des Standortes, zur Verwundung und Bloßlegung des Bodens.

Kaum musste der Schnee den lauen Lüften weichen, so belebt sich die Alpe mit Weidevieh, dessen plumper schwerer Tritt auf steilen Graslehnen mitunter schädlicher wirkt, als der Biss. In höhern Lagen sind Schafe und Ziegen anzutreffen, welche die letzten Vegetationsreste auf sonst schwer zugänglichen Oertlichkeiten vernichten. Unter solchen Verhältnissen wird auch die Widerstandsfähigkeit der perennirenden Gewächse gebrochen und das Aussterben mancher Pflanzenart im Gebirge erklärlich. Wie Breitenlohner[4]) trefflich bemerkt, erscheint der ehemalige Waldmantel nicht etwa bloß schlissig und löcherig, er ist zerrissen und zerfetzt. Nur spärliche und ärmliche Lappen des einstmals so üppig grünenden Kleides hängen noch, vielleicht mehr aus Zufall, um die Blößen der Bergflanken.

Wo immer hingeblickt wird, in die Alpen, Cevennen, Pyrenäen, überall bietet sich ein ähnliches, trauriges Bild dar.

Die Geschichte der Alpenwirthschaft, sagt Eblin,[57]) die Verhältnisse der Schweiz betreffend, lässt darüber keinen Zweifel aufkommen, dass bereits ein weit ausgedehnter, einst culturfähiger und auch cultivirter Gürtel der Hochalpen gänzlich verwildert, d. h. der Unproductivität anheimgefallen ist, und dass im Laufe der nächsten Jahrhunderte, und mit solchen Zeiträumen muss der Wirthschafter sowohl als auch der Staatsmann rechnen, im Falle Ausbleibens tiefgreifender wirthschaftlicher Maßnahmen von neuem ein gewaltiger Theil des dermaligen alpinen Culturgebietes völliger Unfruchtbarkeit und Verödung anheimfallen würde, dass die bereits stark deprimirte Grenze der Alpencultur einen neuen, auch für die tieferen Lagen folgenschweren Rückzug zu gewärtigen hätte.

Orographische, klimatische und geognostische Verhältnisse werden als Ursache der Verwilderung der Alpenregion bezeichnet. Zugegeben dass solche einwirken, doch begegnet man mitunter innerhalb derselben schönen Waldpartien, einzelnen Baumindividuen, Abbildung Nr. 22, saftigen Rasen, welche beweisen, dass es ehemals anders war und dass es bei richtiger Wirthschaft auch anders sein könnte.

Der französische Staatsrath Chassaigne Goyon hat sich im



Abbildung Nr. 22. Zirben bei der Regensburgerhütte (2050 m), im Gebiete der Geißler Gruppe in Gröden, Tirol.

Jahre 1868 über die vorliegende Frage, das südöstliche Frankreich betreffend, wie folgt geäußert:

„Mit jedem Jahre verschlechtert und verringert sich die Vegetationsdecke, die Rinnsale der Wildbäche verbreitern sich und es ist nicht zu verwundern, wenn die Bevölkerung durch Auswanderung bessere Existenzbedingungen sucht!“

Cardot[102]) citirt diese Aeußerung, indem er daran anschließend

102) „Restauration, aménagement et mise en valeur des pâturages de montagnes“; par M. E. Cardot, inspecteur des eaux et forêts. Paris 1900, mit reicher Autorenangabe; vide auch: „Restaurations des pâturages de montagnes“; Revue des eaux et forêts, Nr. 2 und 3, 1901.

behauptet, die actuelle Situation der französischen Alpen sei Zerstörung der Vegetation, Zunahme der Wildbäche und Entvölkerung. Die Ursachen dieser traurigen Verhältnisse seien die Rodung, die Entwaldung und der Missbrauch auf den Alpen.

Es gehört unzweifelhaft zu den Hauptexistenzbedingungen des Gebirglers, hinreichend Gras- oder Weideland für das Weidevieh zu besitzen, und es wäre von vornherein ein fruchtloses und nationalökonomisch verfehltes Beginnen, wollte man diese Nutzung über Gebühr einschränken, alles zu Wald machen wollen, was Alpe und Weide heißt. Allein die in dieser Anschauung gewiss gelegene Toleranz setzt voraus, dass der so benützte Boden auch dauernd ohne schützenden Holzbestand der Grasproduction fähig ist und dass die Ausdehnung des Weidelandes nicht auf Kosten des Waldlandes geht und nicht auf andere Motive, als auf thatsächliches Bedürfniss zurückzuführen ist, bezw. dass, wenn letzteres thatsächlich vorhanden sein sollte, demselben nicht auf andere Weise, als durch Waldrodung oder Schwendung abgeholfen werden könnte.

Sicherlich sind die Bedingungen für das Gedeihen des Graswuchses im Gebirge auf ausgedehnter Fläche des heutigen Weideterrains oft nicht gegeben. Die Steilheit und geringe Stabilität der Gehänge, die exponirten, den kältenden und austrocknenden Winden ausgesetzten Lagen verlangen zumindest für den Graswuchs den Schutz durch Baumwuchs. Wo ein solcher nicht mehr vorhanden, dort sind die Bedingungen für die Verwilderung an und für sich schon gegeben, ganz abgesehen davon, dass allzu intensive Weideausnutzung, der Tritt des Weideviehes, Eingriffe des Menschen und dergleichen mehr, dieselbe wesentlich beschleunigen müssen.

Die klimatischen Einflüsse sind mit Rücksicht auf die Empfindlichkeit der Alpenpflanzen nicht zu unterschätzen. Trockene Kälte ohne Schneeschutz und harte Nachtfröste, sowie Vertrocknung überhaupt, sind ihnen, von Ausnahmen abgesehen, schädlich.

Die allzufrühe Entblößung des Bodens von der Schneedecke, mit hiemit verbundener nachtheiliger Wirkung der Nachtfröste, wie dies auf schutzlosen Hängen leicht einzutreten pflegt, muss sich empfindlich bemerkbar machen.

Es ist sonach nicht zu bezweifeln, dass Holz- und Graswuchs vereint, d. h. dass die bestockte Weide in exponirten Lagen als die einzige thatsächlich entsprechende Culturart anzusehen ist, und dass freie Alpen und Weiden, von besonders günstigen Lagen, wie sich ja solche in kleineren Flächen im Gebirge immer vor-

finden abgesehen, besonders vorsichtige Bewirthschaftung erheischen. Allein, wie schon bemerkt, hat sich der Aelpler stets bemüht und bemüht sich heute noch, jeden Baum, jeden Strauch aus seiner Alpe, seiner Weide in dem Wahn zu entfernen, dass der Wald die Weide nass und kalt mache! Er hat damit sich selbst zum größten Schaden den Standort wesentlich verschlechtert. Dabei ist wohl noch zu berücksichtigen, dass das so herabgekommene Weideland bald seinen Bedürfnissen nicht mehr entspricht, denn die letzteren wachsen mit der Erschwerung der Lebensbedingungen stetig.

Auch ist es mitunter nur Gewinnsucht, auf welche die Steigerung des Bedürfnisses nach Weideland zurückzuführen ist. In jedem Falle zeigt sich das Bestreben, das Waldland bei in der Regel geringem Verkaufswerth des Holzes durch Erweiterung des Weidelandes zu verringern.

Allein die Abnahme des Waldlandes in jenen Regionen übt gewiss vielfach wieder directen ungünstigen Einfluss auf die Güte des nächst gelegenen Culturlandes, des nächst gelegenen Weidelandes aus, so dass daher bei Zusammenwirken aller dieser Factoren das Herabrücken der Waldvegetationgrenze und mit dieser auch das Herabrücken der Vegetationsgrenze überhaupt erklärlich wird.

Lawinenstürze, Steinschlag und dergleichen mehr, vollenden das, wozu der Mensch die Introduction gegeben, sie führen, wie Eblin richtig bemerkt, zur Verwilderung der Hochgegenden, von welcher Abbildung No. 23, Seite 126, nur ein schwaches Bild geben soll.

Dass das Bestreben nach Ausdehnung des Weidelandes im Gebirge an dem Herabrücken der Waldvegetationsgrenze wesentlichen Antheil genommen, wird niemand bezweifeln, der die Verhältnisse nur halbwegs kennt. Dass es sich da nicht um geringe Flächen handelt, mag aus einigen Beispielen hervorgehen. In Steiermark beträgt die Höhendifferenz zwischen der natürlichen und der thatsächlichen Waldvegetationsgrenze 200—300 m, was einer Fläche von beiläufig 200000 ha gleichkommt.

In den letzten zehn Jahren, sagt Breitenlohner[4]) im Jahre 1883, haben die Alpenweiden den Waldsaum um etwa 100000 ha zurückgedrängt und in gleichem Maße nahm der Niedergang der Bauern zu. Die Alpenweiden, welche immer mehr vergrößert, aber in keinerlei Weise verbessert werden, verschulden den Ruin der Holzvegetation an der oberen Waldgrenze. Diese Weide-

wirthschaft äußert sich nach Anschauung Breitenlohners noch verderblicher als die so übel berüchtigte Waldwirthschaft. Der heillose Schaf- und Ziegencultus ist ein chronisches Erbübel in Tirol, wie auch in anderen Gebirgsländern. Zumal die Ziege, dieses, um mit dem genannten Autor zu sprechen, fluchbeladene Scheusal unter den vierbeinigen Hausthieren, dessen gefräßiger Zahn noch überall Wüsten schuf und die Verkarstung der Gebirge herbeiführte, genießt volle



Abbildung Nr. 23. Ferschbachalpe im Stubachthale, Salzburg.

Freizügigkeit durch die ganze Wald- und Hochregion. Jeder Anflug einer Waldpflanze wird vernichtet, jeder Spross eines Holzgewächses zerstört. Und getreulich steht in diesem selbstmörderischen Geschäfte der Bauer auf der Seite seines Lieblings. Ein einziger Zwergstrauch, welcher in der Hochregion vernichtet wird, schlägt dem Naturleben eine tödtlichere Wunde als ein Dutzend Baumstämme in den tieferen Lagen. So erklärt sich der rapide Verfall der Hochregion!

Nach den Ausführungen Eblins [57]) hat sich das unproductive Areal in den schweizerischen Hochalpen, zumeist eine Folge der Entwaldung, wesentlich vergrößert. Als Beispiel wird das Glarner

Land angeführt, wo im Laufe von 228 Jahren der Ertrag der Alpenweiden von 11073 sogenannten Kuhrechten auf 8813 gesunken ist, woraus sich eine durchschnittlich jährliche Abnahme von 10 Kuhrechten ergibt. Diese, wenn auch nur annähernden Ziffern gewinnen umsomehr Beachtung, wenn erwogen wird, dass in dem besagten Gebiete während der 228 Jahre die betreffenden Weidegebiete auf Kosten des zugehörigen Waldlandes nicht unbedeutend vergrößert wurden.

Den unleugbaren Zusammenhang zwischen den Höhenstufen der Alpenwirthschaft und der Höhenlage der alpinen Holzgrenze sucht Eblin an concreten Beispielen über das Vorkommen von Dörfern über Holz, sei es als solche die nur während des Sommers, sei es als solche die auch während des Winters bewohnt werden, dann an Beispielen über das Vorkommen von Alphütten weit über den letzten Vorposten des dermaligen Holzwuchses klarzulegen. Er spricht hiebei die Anschauung aus, dass gewiss niemals im schweizerischen Hochgebirge Dörfer über oder hart an der dermaligen Waldgrenze angelegt wurden, so dass die Annahme gerechtfertigt erscheint, dass für ein Thal die frühere Waldgrenze immer nicht nur ebenso hoch, sondern durchwegs höher angenommen werden darf, als die in demselben liegenden höchsten Dorfschaften.

Es lässt sich sonach aus der Thatsache, dass Dörfer, Höfe und Alphütten in den Gebirgen oft in gewaltiger Entfernung über Holz anzutreffen sind, mit Sicherheit darauf schließen, dass einerseits die Waldvegetationsgrenze stetig herabrückt, wobei angenommen werden kann, dass der Rückgang der alpinen Cultur vielfach mit dem äußerst raschen Waldrückgang keineswegs Schritt gehalten haben mag, woraus sich eine stetige Verbreiterung des Gürtels zwischen der Wald- und Vegetationsgrenze überhaupt ergeben würde. Es fällt dieser Umstand umsomehr in die Wagschale, als das gerade jene Region ist, innerhalb welcher die meisten Wildbäche ihren Ursprung haben. Es ist die in die Höhenlage von 1200—2400 m fallende Region der Quellen, der zerstreuten kleinen Wasserrinnen, deren Wässer noch nicht in tiefen Erosionsrinnen concentrirt erscheinen.

Gerne soll zugestanden werden, dass die Waldabnahme in den gemeinten Regionen der Hauptsache nach vergangenen Zeiten zur Last zu legen ist, allein umsomehr ist es Pflicht der Gegen-

wart, mit größtmöglicher Aufmerksamkeit die wirthschaftlichen Vorgänge dort zu überwachen.

Es wird allzu häufig von der Entvölkerung der Alpenthäler infolge der Entwaldung gesprochen. Viel näher liegt es, diese Entvölkerung auf den Rückgang der Viehzucht zurückzuführen, und diesen wieder auf die Verschlechterung der Alpengründe, welche, sei es von der Natur gegeben, sei es dem Walde abgerungen, schrankenloser Ausnutzung preisgegeben waren.

Ueber die Verhältnisse der französischen Alpen und Pyrenäen, dann des sogenannten centralen Plateaus, gibt die citirte Abhandlung Cardots[102]) sowohl, als sein einschlägiges, gelegentlich des internationalen Forst-Congresses zu Paris 1900 ausgearbeitetes Referat[73]) nach mancher Richtung hin besonderen Aufschluss. Während jenen Vorschriften gemäß, welche vor der großen Revolution festgesetzt wurden, nur jenes Vieh auf die Gemeindeweiden aufgetrieben werden durfte, welches in der Gemeinde überwinterte, öffnete sich nach der Revolution der Gewinnsucht Thür und Thor durch Einführung der sogenannten „Wanderherden,“ oder der „transhumance“, welche die schrankenloseste Beweidung mit sich brachte.

Cardot beklagt, dass Agronomen, ja selbst Behörden dieses Verfahren wohlwollend tolerirten und dass selbst Demontzey[14]) und später Briot[103]) die Schädlichkeit desselben in Abrede stellten.

Nach den neuesten statistischen Daten vom Jahre 1892 besitze Frankreich eine Oedlandfläche von 6226819 ha, welche gar keinen oder doch nur sehr geringen Ertrag abwirft. Drei Viertheile dieser Fläche ließen sich jedoch theilweise durch forstliche Maßnahmen, theilweise durch Weideverbesserung wesentlich ertragsfähiger machen. In einer einschlägigen Schrift bemerkt Campardon[104]), dass das Gebirgsland der französischen Pyrenäen 1276000 ha umfasse, davon 670000 ha Rasenland, Viehweide und Fels aufweise, welche Fläche der schrankenlosen Ausbeute ausgesetzt sei. Für Einschränkung der Weide und für Meliorirung der Weidegründe sei lange Zeit nichts geschehen.

Diese schrankenlose Weideausübung bestehe zunächst wohl allerorts in dem willkürlichen Auftrieb von Weidevieh nach Art und

103) „Etudes sur l'économie alpestre“, von F. Briot. Paris 1896.

104) „Restauration et conservation des terrains en montagne. Les améliorations pastorales dans l'Ariège et la Haute-Garonue“; von M. Campardon, Inspecteur des eaux et forêts, Paris 1900.

Zahl und in der Ausnützung der Weideflächen ohne Rücksicht auf deren Güte, ohne Rücksicht auf die Zeitdauer. Unbeachtet bleibt die ortweise so nothwendige Consolidirung des Bodens, dessen Schutz vor dem Tritte des Weideviehes!

Ueber die Weide-Verhältnisse in den französischen Alpen und auch in der Schweiz, entwirft Marchand[105]) ein lebhaftes Bild. Er bespricht die Hornvieh-, Ziegen- und Schafweide und ihre Schädlichkeit.

Auch Thiéry[29]) beschäftigt sich mit dem Gegenstande und behauptet, die Zerstörung der Weide füge ihre unheilvollen Wirkungen zu jenen der Waldmisshandlung hinzu. Thiéry citirt Kirwan[106]), welcher die Zahl der Schafe, die jedes Jahr während des Sommers in den Westalpen aufgetrieben werden, auf 500000 schätzt, obgleich es nur 150000—160000 einheimische Schafe gibt. Die Anzahl der zur Weide aufgetriebenen Ziegen wird mit 150000 angegeben. Auch Thiéry kommt zu dem Schlusse, dass der Missbrauch der Weide gewiss eine der wesentlichsten Ursachen der Entstehung der Wildbäche sei.

Es ist nun geradezu erstaunlich, dass eine derartige Wirthschaft in vielen Ländern, und auch Oesterreich ist nicht ausgenommen, so wenig beachtet wurde und dass sie sich bisher der staatlichen Ingerenz zu entziehen vermochte!

Zu jenen schädlichen Maßnahmen, welche mit der Alpswirthschaft im Zusammenhange stehen, sind die Nutzwasserleitungen und die Alpsbewässerungsanlagen zu zählen. Die ersteren bestehen in zumeist vollkommen unversicherten, hölzernen Gerinnen, aus welchen das Wasser entweder überfließt oder durchsickert, stets aber den darunter befindlichen Boden durchtränkt. Die letzteren sind gewöhnlich offene, im Terrain eingeschnittene, unversicherte Gräben, welche gleichfalls die Durchtränkung des Bodens herbeiführen. Das über die betreffenden, zu bewässernden Alpen herabgelassene Wasser wird nicht wieder abgeleitet, sondern versitzt. Kein Wunder, dass sich gerade in solchen Gebieten häufig Terrainbrüche zeigen, deren Ursache dann in den genannten Anlagen zu suchen ist. Thatsächlich sind mitunter selbst die größten

105) „Les torrents des Alpes et le pâturage"; par M. L. Marchand, Paris 1876.

106) „Montagnes et torrents", par M. Ch. de Kirwan. Revue de questions scientifiques, publiée par la Société scientifique de Bruxelles.

Terrainbrüche im Gebirge auf solche Maßnahmen zurückzuführen.

Anlässlich der Hochwasserkatastrophe des Jahres 1882 in Tirol und in Kärnthen konnte, was das Verhalten der Alps- und Weideböden im Hinblick auf Retention des Geschiebes anbelangt, die Erfahrung gemacht werden, dass Weideland oder beraster, während der ganzen Vegetationsperiode beweideter Boden ohne jede Bestockung, also die eigentliche Alpenregion und jene Hochlagen, welche durch totale Entwaldung zu Weideland gemacht wurden, ferner steile Lagen, insbondere im Schiefergebirge, wo die Weide schrankenlos ausgeübt wurde, die meisten von der Grasnarbe entblößten Stellen und Runsen aufwiesen. Weideland mit Gesträuchbestockung verhielt sich im allgemeinen sehr günstig gegen die Witterungsunbilden und es leisteten namentlich die mit Alpenerle oder Juniperus und Rhododendron bewachsenen Weideböden jeder Runsenbildung sehr energischen Widerstand, fast in ganz gleicher Weise wie die Krummholzbestände.

Für den vorliegenden Zweck mögen die vorstehenden Andeutungen bezüglich des Einflusses der Bewirthschaftung der Alpen und Weiden auf das Regime der Gewässer genügen, um die Nothwendigkeit zu erkennen, in ausreichendster Weise Gegenmaßregeln, welche an anderer Stelle besprochen werden sollen, zu treffen.

Von Bedeutung ist es, worauf schließlich noch verwiesen sein soll, dass gelegentlich des internationalen Forst-Congresses in Paris, 1900, der folgende Beschluss gefasst wurde:

„Jeder der beim Congresse vertretenen Staaten möge die Schaffung eines entsprechenden Alpsbewirthschaftungsgesetzes in Frage ziehen; bezw. es möge in jenen Staaten, in welchen solche Gesetze bereits bestehen, auf deren wirksame Beachtung und eventuelle Ergänzung oder Besserung Bedacht genommen werden.“

Das Oedland.

Der Vollständigkeit wegen, und um die in dem folgenden Abschnitte zu besprechende Ursächlichkeit der Hochwassererscheinungen voll zu ergründen, dürfte es noch angezeigt sein, die gesammte Oedlandfläche in's Auge zu fassen und sich über deren eventuelle bedrohliche Zunahme Klarheit zu verschaffen.

Unter Oedland seien hier zunächst im Sinne Griebs[107]), der sich mit der gegenständlichen Frage auf das eingehendste beschäftigt hat, alle Ländereien verstanden, welche bei überhaupt möglicher Cultur derzeit entweder völlig ertragslos sind, oder aber einer den Verhältnissen nicht entsprechenden unwirthschaftlichen Benutzungsart unterliegen. Es umfasst sonach dieses so gemeinte Oedland die innerhalb der Vegetationsgrenze gelegenen, sei es jeder Vegetationsdecke baaren, sei es nicht entsprechend bewirtschafteten Böden; es gehören ihm daher die über der Vegetationsgrenze liegenden Oeden nicht an.

Grieb scheidet dieses Oedland in vier Gruppen, und zwar in das Haide-, Sand-, Kalk- und das Moorödland, mit der Begründung, dass diese Oeden am meisten verbreitet sind und dass das übrige Oedland, als Schotterbänke, Sümpfe, kahle Kämme und Hänge im Gebirge, sich doch in die eine oder die andere der genannten Kategorie einreihen lässt.

Die gesammte Oedlandsfläche Europas wird von Grieb mit 22000 Quadratmeilen oder 126.500000 ha, d. h. rund 1.265000 km² geschätzt, welche Ausdehnung beiläufig der Größe Deutschlands, Oesterreich-Ungarns, Hollands und Dänemarks zusammengenommen und etwa 9 Procent der Gesammtfläche Europas entspricht. Wie viel von diesem Areale auf das sog. Kalködland, welchem nach Ansicht Griebs auch andere Gebirgsöden zuzuzählen wären, entfallen dürfte, ist nicht zu entnehmen. Immerhin bietet der obige Procentsatz der gesammten Oeden und deren Scheidung in vier, der Ausdehnung nach von einander vielleicht nicht sehr verschiedene Kategorien, einen, wenn auch nur sehr vagen Anhaltspunkt über die Flächenausdehnung unserer Gebirgsöden, soweit es sich eben um förmliche, der Vegetationsdecke entblößte, der Cultur aber immerhin noch zugängliche Oeden, und um solche Böden handelt, welche einer, den Verhältnissen nicht entsprechenden, unwirthschaftlichen Benützungsart unterliegen. Zu den letzteren zählt Grieb offenbar auch die im Hochgebirge beinahe ausschließlich der Weide dienenden Flächen, welche aus Waldland entstanden sind und als solches bewirthschaftet werden sollten.

---

107) „Das europäische Oedland, seine Bedeutung und Cultur", von Dr. Richard Grieb. Frankfurt a. M. 1898. Mit reicher Autorenangabe.

Wenn Grieb behauptet, dass die von ihm angegebene Gesammtfläche des Oedlandes hinter der Wirklichkeit zurückbleibt, weil z. B. verlassene Kies-, Sand- und Lehmgruben, aufgelassene Steinbrüche, Schienenwege und dergleichen mehr nicht in Betracht gezogen wurden, so könnte die Hinzuzählung dieser so gemeinten Flächen die Gesammtfläche des Oedlandes nicht wesentlich abändern; auch ist ihr Bestand als etwas nothwendiges anzusehen.

Das Entstehen des Oedlandes kann im allgemeinen auf zwei Ursachen zurückgeführt werden. Entweder ist es das freie, selbstständige Walten der Natur, wie z. B. bei Mooren, Sümpfen, Meeresdünen, Steppen, oder es sind die Eingriffe des Menschen, oft unterstützt durch entfesselte Naturkräfte, wie dies bei Gebirgsböden, Haide- und Flugsandflächen der Fall ist.

Obzwar es schwer fällt, eine Trennung der Antheile, welche die Natur und der Mensch an der Schaffung von Oedland genommen haben, vorzunehmen, so kann doch angenommen werden, dass die öden Haiden und Sandlandschaften, sowie die Kahlhänge der Gebirge vorwiegend auf die Rodung des Waldlandes, also auf menschlichen Eingriff zurückzuführen sind.

Die Natur des Menschen und zwingende äußere Verhältnisse haben zur Waldabnahme geführt. Die zunehmende Population ist eine solche und zwar begründete Ursache. Im Allgemeinen ist die Bewaldungsziffer um so kleiner, je dichter die Bevölkerung ist, doch spielt auch die geschichtliche Entwickelung der gesammten Cultur des betreffenden Volkes eine Rolle. In den Alpen (österreichische, französische, italienische Alpen und dem Karst) war es seit jeher das Bedürfniss, vielfach aber auch nur die unbegründete Sucht nach Erweiterung des Weideterrains, nebenbei auch des Ackerlandes, welche zur Waldabnahme führten. Habsucht, Eigennutz, Sorglosigkeit, Verschwendung und Indolenz waren mit im Spiele. Kriege, Waldbrände, Insectenschäden, Veräußerung der Staatswaldungen haben die Verringerung des Waldlandes beschleunigt.

Für den vorliegenden Zweck noch besonders zu berücksichtigen ist die bereits an anderer Stelle besprochene, langsame Verödung der Weideflächen im Gebirge, deren zunehmende Ausdehnung, wie schon hervorgehoben, zum großen Theile mit der Waldabnahme im innigen Zusammenhange steht. Intensive Beweidung bei vollkommener Außerachtlassung jedweder Melioration muss zur langsamen Verschlechterung und schließlichen Verödung

des Bodens, bei Kalkunterlage bald zu dessen vollständiger Verkarstung führen.

Ob das dermalige Oedland in Zu- oder Abnahme begriffen ist, kann Grieb selbst nicht ohne weiteres entscheiden, glaubt jedoch im Hinblick auf die allerorts noch immer nicht zweckentsprechende Wirthschaft, auf das Unzureichende der Gegenmaßregeln, auf die stets zunehmenden Verwüstungen durch Hochwässer, Wildbachverheerungen u. s. w., berechtigt zu sein, eine allmähliche Zunahme der Oedungen annehmen zu können.

Diese letztere, in der citirten Abhandlung bis zu einem gewissen Grade im Detail ausgearbeitete Behauptung Griebs mag richtig sein, doch wird es wohl mangels der nöthigen Aufzeichnungen und so sehr es erwünscht wäre, kaum gelingen, die Zunahme des Oedlandes, bezw. die Abnahme des Waldlandes, — und das letztere wäre von besonderem Interesse —, für eine jüngst verflossene, aber doch immerhin längere Zeitperiode ziffermäßig halbwegs verlässlich festzustellen.

Beachtenswerth ist es, wenn Bühler in der Revue polytechnique (schweizerische Bauzeitung) über diesen Gegenstand bemerkt, es sei unrichtig, wenn man die jetzige geringere Waldausdehnung den neuesten Rodungen zuschreibt. Die heutige Waldausdehnung war der Hauptsache nach in Süd-, West- und Mitteldeutschland schon im 13. und 14. Jahrhundert vorhanden. Was heute gerodet wird, betrage kaum 1 Procent der Gesammtfläche des Landes.

H. Walser hat für den Kanton Zürich nachgewiesen, dass der Wald in den letzten 240 Jahren keine merkliche Veränderung erfahren hat; die Waldfläche hat sich nur von 30,7 % der Gesammtfläche auf 27,9 % verkleinert.

In der an anderer Stelle citirten Abhandlung Frechs [40]) ist bezüglich Schlesiens erwähnt, dass eine Veränderung des Waldbestandes seit Beginn des 19. Jahrhunderts oder wenigstens seit Aufstellung des preußischen Grundkatasters, d. i. zu Beginn der sechziger Jahre, dort nicht stattgefunden hat. Trotzdem wird gerade dieses Land nicht selten von den schauerlichsten Hochwasser-Verheerungen heimgesucht.

M. J. Serret [108]) will den Vorwurf ausgedehnter Entwaldung in

---

108) „Les débordements de la Garonne“, von M. J. Serret, 1900, vide Revue des eaux et forêts, 1901.

Frankreich zu Ende des 18. Jahrhunderts insofern abschwächen, als er behauptet, dass dieselbe zu jener Zeit allerdings besonders geübt gewesen sein mag, dass es aber ungerecht sei, lediglich die Männer von und nach 1789 dafür verantwortlich zu machen. Die Entwaldung in Frankreich datire schon seit der Zeit der Karolinger.

Insoweit die Verhältnisse Oesterreichs in Betracht kommen, lässt sich, u. zw. ganz entgegen den diesbezüglich vielfachen Behauptungen und Anschuldigungen, für die allerdings nur sehr kurze Periode 1887—1898 und insoweit es sich um dem Forstgesetze unterworfene Flächen handelt, eine Waldabnahme nicht constatiren. In den von der Hochwasserkatastrophe des Jahres 1899 besonders heimgesuchten Ländern Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg und Steiermark, wurden in dieser Zeit insgesammt für rund 3400 ha behördliche Rodungsbewilligungen ertheilt. In Tirol, dem Lande der vermeintlichen Waldverwüstung par excellence, betrug diese Fläche 615 ha. Von Compensationsfläche ganz abgesehen, wurden dagegen über behördliche Veranlassung zusammen in den genannten Ländern über 30000 ha kahler Waldfläche der Wiederaufforstung thatsächlich unterzogen; in Tirol allein 5000 ha. In anderen Ländern dieser Monarchie sind die Verhältnisse gewiss nicht ungünstiger. Man wird allerdings und theilweise auch mit Recht diese Zahlen insofern nicht als ganz maßgebend ansehen, als sicherlich eine gewisse Fläche eigenmächtig gerodeten Waldbestandes der Behörde nicht bekannt wurde; allein bei der doch immerhin schon ziemlich intensiven staatlichen Forstaufsicht kann diese Fläche von keiner nennenswerthen und für die gegenständlichen Betrachtungen maßgebenden Ausdehnung sein. Gewiss ist der Vorwurf der Entwaldung, insofern er sich auf in der letzten Zeit stattgehabte veritable Rodung von, wie schon hervorgehoben, dem Forstgesetze unterworfenem Waldboden bezieht und soweit österreichische Verhältnisse in Frage kommen, nicht gerechtfertigt. Wenn ausgedehnte Weideflächen im Gebirge, welche eine gewisse Bestockung aufwiesen, von dieser entblößt wurden, so ist ein solches Gebahren, so beklagenswerth es ist, leider bisher gesetzlich nicht zu verhindern.

Nach Dimitz [109]) ist für Europa ein Bewaldungsprocent von 30, für Asien, Afrika und Australien von 20, für Amerika ein solches

109) „Forste und Forstwirthschaft an der Wende des neunzehnten Jahrhundertes" Vortrag gehalten von Ministerialrath Ludwig Dimitz im Club der Land- und Forstwirthe in Wien, 1892.

von 21 % anzunehmen. Europa ist somit heute noch immer relativ am besten bewaldet.

Alle diese, leider nur kargen Angaben werfen allerdings nicht viel Licht in die vorliegende Frage, doch kann wohl dank der in den meisten europäischen Culturstaaten bestehenden einschlägigen gesetzlichen Vorschriften und Dank ihrer Handhabung angenommen werden, dass, in neuester Zeit wenigstens, eine nennenswerthe Waldabnahme und hierauf zurückzuführende Oedlandszunahme kaum zu constatiren sein dürfte. Es kann die Berechtigung dieser Behauptung auch aus dem Inhalte zahlreicher einschlägiger Abhandlungen geschöpft werden, welche gelegentlich der Weltausstellung in Paris, 1900, veröffentlicht wurden, und deren Titel in der österreichischen Forst- und Jagdzeitung, No. 43 vom Jahre 1900, angegeben erscheinen[110]). Vollständige Klarheit in die vorstehend berührten Verhältnisse kann allerdings nur die Statistik bringen, welcher in dieser Richtung eine sehr dankenswerthe Aufgabe zufällt.

Immerhin lassen sich aber aus dem vorliegenden Materiale die folgenden, gewiss nicht zu optimistischen Schlüsse ziehen:

1. Die langsame Zu- oder Abnahme des Oedlandes in unsern Tagen ist nicht erweisbar, wenn es auch berechtigt erscheinen dürfte, die letztere vorauszusetzen. Noch weniger nachweisbar ist aber der Antheil, welchen die vorwiegend auf die Thätigkeit des Menschen zurückzuführende, vielfach beklagte Waldabnahme an der eventuellen Zunahme des Oedlandes haben dürfte.

2. Die relativ geringe Gesammtfläche des europäischen Oedlandes, insoweit dasselbe die von Grieb gemeinten Böden umfasst, kann auf das Continentalklima keinen nennenswerthen Einfluss ausüben. Immerhin ist ein Einfluss auf das Klima räumlich wesentlich beschränkter Gebiete und zwar bei relativ großer Oedlandsausdehnung in zusammenhängender Fläche, oder unter besonderen Verhältnissen, nach Natur des Oedlandes, möglich.

110) „Sammlung von forstwirthschaftlichen Schriften auf der Pariser Weltausstellung", von Forstrath Ferdinand Wang.

III.

Die Ursachen der Wasser-Verheerungen.

Wenn ausgedehnte Verheerungsgebiete, von weitem Gesichtspunkte aus betrachtet, ins Auge gefasst werden, so kann in der Regel innerhalb derselben eine Dreitheilung vorgenommen werden.

In dem ersten, obersten, das Innere der Gebirgsthäler umfassenden Gebiete, geht insbesondere die Geschiebeerzeugung vor sich. Der Mutter Erde werden hier die Wunden geschlagen.

Der zweite Theil erstreckt sich über die unteren Partien dieser Thäler und über die wildbachartigen Gebirgsflüsse, woselbst ein Theil des aus dem oberen Thale kommenden Geschiebes verarbeitet und auch abgelagert wird. Die Werke des Menschen sind es, die hier der Zerstörung durch Wasser und Geschiebe ausgesetzt sind. Der dritte Theil umfasst das eigentliche Ueberschwemmungsgebiet im strengen Sinne des Wortes, dort wo das Wasser allein Schrecken und Verderben verbreitet.

Für den vorliegenden Zweck sollen jedoch die Hochwasserverheerungen als solche, in zwei Gruppen unterschieden werden und zwar in jene, welche ausgedehnte Gebiete heimsuchen und gemeiniglich als „Ueberschwemmungen" bezeichnet werden, dann in solche, welche sich nur über räumlich beschränkte Gebiete erstrecken und im strengen Sinne des Wortes als „Wildbachverheerungen" oder „Vermurungen" zu benennen sind. Im ersten Falle sind es mehr die Wasserfluthen, im letzten mehr die Schuttströme, welche die Verheerungen verursachen, wobei es naturgemäß in besonderen Fällen schwer fallen würde, eine genaue Scheide zwischen beiden zu ziehen, denn nicht selten können innerhalb kleiner Niederschlagsgebiete auch Wasserfluthen vorwiegend verheerend wirken.

Die Ueberschwemmungen.

Zunahme der Ueberschwemmungen.

Entgegen der vielfach aufgestellten Behauptung, lässt sich die Zunahme des Eintretens von Ueberschwemmungen an der

Hand der Ueberschwemmungschronik allgemein nicht nachweisen, noch viel weniger aber unzweifelhaft mit gewissen, innerhalb der Flussgebiete etwa eingetretenen Veränderungen in Zusammenhang bringen. Heftige, andauernde Regengüsse, rasche Schneeschmelze, begründet in kosmischen, dem Einflusse des Menschen entrückten Ursachen, werden immer eine rasche Abfuhr grosser Wassermassen mit sich bringen, wobei es allerdings, theilweise wenigstens in der Hand des Menschen liegt, ihre unschädliche Ableitung zu erzielen.

Sonklar[2]) hebt hervor, dass Ueberschwemmungen heute nicht öfter als in früheren Jahrhunderten eintreten.

Penck[56]) behauptet, dass sich Gegenwart und Vergangenheit nicht durch die Häufigkeit der Hochwässer als solche, mehr aber durch Ausartung der letzteren in verheerende Ueberschwemmungen unterscheiden.

Von großem Interesse ist ein Rückblick, welchen das k. k. hydrographische Centralbureau in Wien bezüglich der im Donaugebiete innerhalb des Zeitraumes vom Jahre 1000 bis in die Gegenwart eingetretenen Ueberschwemmungen, welchen allerdings auch Eisgänge als Ursachen zu Grunde liegen, veröffentlichte[111]).

Es ist der betreffenden Zusammenstellung zu entnehmen, dass verheerende Katastrophen in den folgenden Jahren eingetreten sind: 1012, 1118, 1126, 1172, 1173, 1193, 1194, 1195, 1210, 1234, 1235, 1236, 1275, 1280, 1281, 1284, 1285, 1295.

Von der Ueberschwemmung des Jahres 1118 sagt die Chronik, „das Wasser sei seit der Sündfluth nicht so häufig gewesen.“ Unter den Katastrophen des 14. Jahrhunderts (1312, 1315, 1316, 1317, 1340, 1342, 1359) ist namentlich jene vom Februar 1342 zu nennen, durch welche 6000 Menschen um das Leben gekommen sein sollen.

Auffallend wasserreich war das erste Jahrzent des 15. Jahrhundertes, in dessen Verlaufe sieben Hochwasserjahre vermerkt wurden (1402, 1404, 1405, 1406, 1407, 1408 und 1409).

Groß waren die folgenden Hochwässer der Jahre 1434, 1439, 1445, 1464, 1465, 1490 und 1499, 1500 und 1501.

Der Wasserstand des letzten Hochwassers betrug 14 Ellen über Normale!

Weitere Hochwasserjahre waren 1508 und die Jahre von

---

111) „Beiträge zur Hydrographie Oesterreichs“ IV. Heft, Jahrgang 1900. „Die Hochwasserkatastrophe des Jahres 1899 im österr. Donaugebiet.“

1520 bis einschließlich 1527, dann 1567, 1568, 1570, 1572, 1573, 1595, 1597, 1598, 1606, 1614, 1615, 1617 und 1635.

Es sind weiter hervorzuheben die Jahre 1636, 1647, 1648, 1651, 1655, 1656, 1657, 1658, 1661, 1667, 1670, 1672, 1677, 1682, 1685, 1687, 1705; 1708, 1709, 1728, 1729, 1731 und 1736.

Als eine der größten Ueberschwemmungen des 18. Jahrhunderts präsentirt sich jene des Sommers 1730. Die Wiener Donaubrücken wurden sämmtlich ein Raub der Fluthen, die Vorstädte Leopoldstadt, Rossau, Weißgärber und das gesammte Uferland weit und breit standen unter Wasser.

Weitere Hochwässer sind in den Jahren 1740, 1741, 1743, 1744, 1753, 1757, 1758, 1760 dreimal, 1767, 1768, 1770, 1771, 1779, 1785, 1786 und 1787 eingetreten. Das letztere Hochwasser wird neben jenem des Jahres 1730 als das größte des 18. Jahrhunderts bezeichnet. Es folgten die Verheerungen der Jahre 1790, 1792, 1793, 1795, 1799, 1803, 1804, 1809, 1813, 1815, 1819, 1820, 1824 und 1829.

Die Katastrophe des darauf folgenden Jahres 1830 hatte unerhörte Tragweite.

„In der Nacht vom 28. Februar auf den 1. März d. J.," schreibt die „Wiener Zeitung" unterm 11. März 1830 über dieses Ereigniss, „richtete der Eisgang der Donau zu Wien in den am Strome und in der Umgegend liegenden Vorstädten Leopoldstadt, Jägerzeile, Erdberg, Weißgärber, Rossau, Thury, Lichtenthal, Althan eine Verheerung an, dergleichen in den Annalen Wiens nicht vorkommt. Die Wassergefahr vom 4. bis 8. März im Jahre 1744 war bisher die schrecklichste, deren die Chronik gedenkt. Sie scheint jedoch wie unbedeutend gegen diese letzte. In drei Minuten stieg die Donau, nachdem sie ihre Grenzen überschritten, auf vielen Punkten über sieben Fuß, warf sich mit wilder Hast in alle Straßen und Häuser, zerstörte Fenster, Thüren, Thore, Mauern und Dämme und trieb centnerschwere Eisblöcke wie Schiffe auf ihrem Rücken einher. Die größte Zahl der Bewohner niederer Erdgeschosse überraschte die Fluthen in ihren Betten.

An die Rettung ihrer Habseligkeiten, an eine nothwendigste Bekleidung war nicht zu denken. Waren sie im Stande, sich selbst, ihre Kinder, ihre Greise und Kranken zu retten, so waren sie glücklich. Mehr als sieben Menschen ertranken in ihren Wohnungen oder auf der Flucht in ihren Häusern; Kühe, Pferde, Hausthiere aller Art kamen elend um. Obgleich die Behörden

unausgesetzt thätig waren, so sprachen die reißenden Wogen, ein heftiger Sturmwind und die Schrecknisse der Nacht doch allen Vorkehrungen Hohn. Die Nothschiffe wurden losgerissen, die Verrammlungen der Höfe, Kellerhöhlen und Hausthore durchbrochen, mit einem Worte alle zweckdienlichen Maßregeln vernichtet".

Die Ursachen dieser Katastrophe wurden damals in dem bedeutend schnellen Aufthauen eines großen Theiles des sehr hochaufgehäuften Schnees in den Gebirgsgegenden Ober-Oesterreichs, Bayerns, Württembergs und Tirols, ferner in den ungenügenden Durchflussöffnungen der Brücken etc. nicht aber — wie heute — in der Abstockung der Wälder gesucht, denn ein gewisser Dr. Joseph W. Fischer in Korneuburg schließt seine in der „Wiener Zeitung" vom 20. März 1830 veröffentlichten Betrachtungen über den „hohen Austritt der Donau bei Wien" wie folgt: „Obschon die Donau einst mehr Wasser als jetzt hatte, weil größere Wälder bestanden, so werden doch wegen des schnelleren Temperaturwechsels jene Ueberschwemmungen, besonders nach einem Winter mit anhaltend sehr strenger Kälte und mit viel Schnee, auch in der Folge sich um so schädlicher wiederholen, je mehr einer größeren Menge Wassers der ihr nöthige Raum zum schnellen Abflusse von der Kunst entzogen wurde; denn die nur allein bestehenden Oeffnungen unter den Brücken, meistens an seichten Stellen, sind für außerordentliche Ereignisse nicht hinreichend."

Unter den älteren Hochwassermarken nächst der Steiner Donaubrücke nimmt jene vom Jahre 1830 die höchste Stelle ein; ihr folgen jene vom Jahre 1776, 1795, 1799, 1740, 1880, 1862, 1736 und 1803.

Von den hohen Donau-Wasserständen nach 1830, [1833, 1840, 1845, 1846, 1847, 1849, 1850, 1861] waren erst jene vom Jahre 1862 wieder von elementarer und vernichtender Wirkung für das ganze österreichische Donaugebiet. In Wien war die Brigittenau, Freudenau, Zwischenbrücken und Florisdorf überschwemmt, aus Linz, Melk, Stein, Pöchlarn, Ybbs und andern Donaustädten, sowie aus dem Inn-, Traun- und Ennsgebiet, von den Ybbs-, Erlauf-, Pielach- und Traisen-Gegenden liefen die betrübendsten Nachrichten über die durch anhaltende Regengüsse und rapide Schneeschmelze herbeigeführten Wassernöthen ein.

Aus dieser chronologischen Zusammenstellung über die im Zeitverlaufe seit dem Jahre 1000 vorgekommenen, das Donaugebiet betreffenden Inundationen eine Zunahme der Anzahl oder des

Umfanges oder endlich eine relativ raschere Aufeinanderfolge dieser Geschehnisse zu deduciren, erscheint dem genannten hydrographischen Centralbureau als ein ebenso nutzloses Beginnen, wie Behauptungen des Gegentheiles daraus, nämlich eine im bezeichneten Zeitraume erfolgte Abnahme dieser Beziehungen folgern zu wollen. Die Chronik der Vergangenheit erzählt eben Hochwasserereignisse, die jenen der Gegenwart weder in der Anzahl noch in der erreichten Hochfluthhöhe und noch weniger in der Kürze des Intervalles der Aufeinanderfolge nachstehen.

Dieser Anschauung muss wohl vollinhaltlich beigepflichtet werden, kann man doch in anderen Flussgebieten gleichfalls auf eine Reihe von verheerenden Ueberschwemmungen zurückblicken, wie das Sonklar[2]) unter andern bezüglich der Flussgebiete der Drau in Kärnthen und Tirol, dann bezüglich der Gebiete der Rienz, Eisack und Etsch nachgewiesen hat.

Es sei nebenbei bemerkt, dass eine Höhenmarke des Jahres 1594 im Hofe des Seeschlosses Ort am Traunsee auf einen Seewasserstand von 5,02 m über Normale schließen lässt, während das enorme Hochwasser im Jahre 1899 dortselbst nur einen Stand von 3,84 m über Normale ergeben hat. Ueber die Hochwässer der Salzach in Salzburg gibt ein Artikel Stummers[112]) Aufschluss. Nach Mittheilung Professor E. Fuggers sollen solche aufgetreten sein in den Jahren 1316, 1328, 1367, 1501, 1505, 1508. Im Jahre 1316 soll das Hochwasser die Brücken in Hallein, Salzburg und Laufen weggerissen, den Thurm in letzterer Stadt zerstört und viele Menschen verschlungen haben. Im Jahre 1508 soll ein Wasserstand von 7,27 m über Null gewesen sein. Ein schreckliches Hochwasser war jenes vom Juni 1803, wie denn überhaupt in jedem Jahrhunderte gewaltige Hochwässer zu verzeichnen waren.

Die Quellengebiete der Elbe und Aupa in Nordböhmen, im Jahre 1897 von einer furchtbaren Hochwasserverheerung heimgesucht, sind solchen schon öfter unterworfen gewesen. Einer aus dem Jahre 1784 stammenden Flusskarte kann entnommen werden, dass die Elbe bei und oberhalb Spindelmühle schon zu jener Zeit durch Hochwässer gewaltige Veränderungen erfahren hat. Die letzten Generationen zählen dort bereits 6 größere

---

112) „Zur Hochwasserkatastrophe im September 1899"; von Roman Stummer. Centralblatt für das gesammte Forstwesen. Mai 1900.

Hochwasserverheerungen und zwar in den Jahren 1804, 1845, 1858, 1882, 1897 und 1899.

Nach einer in der kölnischen Volkszeitung erschienenen Notiz [113]), sind eisfreie Hochwasserstände des Rheins bei Köln nachgewiesen, die den folgenden Pegelhöhen entsprechen: 10,35 m vom Jahre 1595, 10,92 m vom Jahre 1651, 12,7 m vom Jahre 1658 —, sämmtlich erheblich höher als die höchsten Wasserstände des 19. Jahrhundertes.

Allerdings werden auch gegentheilige Behauptungen aufgestellt und an Beispielen zu begründen gesucht. So verweist Grieb [107]) auf das Addathal, welches vom Comosee bis zum Stilfser Joch reicht, im Anfange des 19. Jahrhundertes noch bestockt war und erst nach Anlage der Hauptstraße durch Napoleon (vollendet 1820) entwaldet wurde. Nach genau angestellten Beobachtungen wurden die Intervalle zwischen zwei Ueberschwemmungen immer kürzer, d. h. diese immer häufiger, und zwar betrug der Durchschnitt des Intervalles zwischen zwei Ueberschwemmungen:

58 Monate in den Jahren 1792—1821 (vor der Entwaldung)
44 Monate in den Jahren 1821—1838 (Beginn der Entwaldung)
20 Monate in den Jahren 1839—1863 (Vollendung der Entwaldung).

In einer Abhandlung über das französische Wiederbewaldungsgesetz vom 4. April 1882 spricht sich Mougin [114]) dahin aus, dass vor dem Jahre 1841 in den französischen Alpen und Pyrenäen Hochwässer eigentlich zu den Seltenheiten gehörten, und bringt deren rasche Aufeinanderfolge mit der zunehmenden Entwaldung und schlechten Waldwirthschaft in innigen Zusammenhang.

Ohne die Richtigkeit dieser Angaben bezweifeln zu wollen, scheint es doch, als würde es sich in den beiden letzten Fällen mehr um „Wildbachverheerungen" als um eigentliche „Ueberschwemmungen", wie sie jetzt Gegenstand der Erörterung sind, handeln, obzwar, wie schon hervorgehoben, eine strenge Scheidung beider oft schwer durchführbar ist.

---

113) „Die Hochwasser-Katastrophen am Rhein im November und December 1882", von Max Honsell, Berlin 1883. Sonder-Abdruck aus dem „Centralblatt der Bauverwaltung".

114) „Etude sur l'application de la loi de 4. avril 1882", par P. Mougin. Revue des eaux et forêts. No. 7, 8 und 9, 1901.

Ursachen der Ueberschwemmungen.

Es ist wohl unzweifelhaft und unbestritten, dass den Ueberschwemmungen in erster Linie außerordentliche Niederschläge zu Grunde liegen. Um die Größe derselben zu illustriren, sei beigefügt, dass die größten gemessenen Niederschläge des Jahres 1897 für die 6 Tage vom 26. bis 31. Juli und zwar im Gebiete der Görlitzer Neiße bei Neuwiese 450 mm betrugen. Am 30. Juli des genannten Jahres fiel auf der Schneekoppe allein 240 mm Niederschlag. Wird die durchschnittliche jährliche Regenmenge z. B. für Oesterreich mit 800 mm angenommen, von welchen $^1/_3$ oder rund 260 mm auf die eigentliche 3monatliche Regenperiode, Juni, Juli und August entfallen, so kommt der Niederschlag am 30. Juli dieser 3monatlichen Regenmenge gleich! In den Quellengebieten der Elbe und Aupa fiel in zwei Tagen, d. i. am 29. und 30. Juli 1897, ungefähr soviel Niederschlag als in 75 Tagen normaler Zeit!

Auch im Jahre 1899 waren ganz exorbitante Regenmengen zu messen, deren Tagessumme, so z. B. im oberen Ennsthale (Grubegg), auf 168 mm stieg[115]). Gelegentlich der Hochwasserkatastrophe 1897 fielen im Verlaufe der ganzen sechstägigen Regenperiode vom 26. bis 31. Juli im Gebiete der Donau 12099 Millionen m^3 Niederschlagswasser. Die Regenkatastrophe vom Jahre 1899 lieferte hingegen im Verlaufe von sieben Tagen dem Donaugebiete 15900 Millionen m^3.

Selbstverständlich ist die Regenmenge im Falle kurz andauernder Wolkenbrüche eine relativ bedeutend größere, doch führen solche nur zu localen Katastrophen. Als Beispiel sei des Wolkenbruches bei Marseille vom 21. September 1838 gedacht, welcher in 25 Minuten 40,6 mm Niederschlag ergab, was eine Regenmenge von 97 mm pro Stunde ergibt. Bei Wolkenbrüchen sind eben 27—60 mm Niederschlag pro Stunde keine Seltenheit.

Unter den Verhältnissen, welche ebenfalls unzweifelhaft und unbestritten die Ueberschwemmungsgefahr erhöhen und auch das öftere Eintreten von Ueberschwemmungen begründen können, ist die Zunahme der Schotterführung zu nennen. Penck[56]) erklärt die ungünstige Höhendifferenz zwischen Flussspiegel und Thal-

115) Ueber die bedeutendsten Regenfälle, beobachtet in den Central-Alpen, den Rheingegenden während der Herbstmonate 1882, gibt Ingenieur Joseph Riedel unter dem Titel „die Regenfälle und Ueberschwemmungen in den Alpenländern, Rheingegenden während der Herbstmonate des Jahres 1882“ genauen Aufschluss.

sohle als die Ursache der Ueberschwemmungen und behauptet ganz mit Recht, es sei die erste Aufgabe der Gebirgsflussregulirung die Erosion im Oberlaufe und die Geschiebeanhäufung im Unterlaufe zu unterbinden. Verbauung der Wildbäche und entsprechende Regulirung der Flussthalläufe sind allein im Stande, dem Uebel zu steuern.

Ein weiterer sehr naheliegender Grund der zunehmenden Gefahr der Ueberschwemmungen liegt in der wachsenden Industrie, die der Wasserkraft bedarf, den Einbau von Wehren in die Flussläufe erfordert und die Profile derselben verengt. Der Regelung der Wasserwirthschaft fällt hier eine große Aufgabe zu.

Die Werthzunahme des Culturlandes bringt an und für sich schon die erhöhte Schädlichkeit der Ueberschwemmungen mit sich.

Auch der Zeitpunkt des Eintrittes solcher Katastrophen kann nicht gleichgiltig sein. Ueberschwemmungen der Sommermonate, zur Zeit wenn die reifen Früchte auf den Feldern stehen, sind verheerender als solche im Frühjahre und im Herbste.

Es wurde diesfalls nicht selten die Behauptung aufgestellt, dass sich gerade diese Sommerhochwässer außerordentlich mehren, doch ist das weder durch die Statistik unzweifelhaft erwiesen, noch weniger aber der Grund hiefür in anderen, als in kosmischen Einflüssen zu suchen.

Unter den Einflüssen, welche die Häufigkeit des Eintretens von Ueberschwemmungen in gewissen Fällen noch begünstigen könnten, ist gewiss auch jener der Entwaldung zu nennen, der Entwaldung, wie sie aber zumeist in übertriebener Weise, was die europäischen Verhältnisse und die Gegenwart anbelangt, beklagt wird. Auch wird gewiss im allgemeinen der mögliche Einfluss derselben auf solche Katastrophen überschätzt. Es ist ja doch bekannt und leider durch Thatsachen erhärtet, dass auch die vollständigste Bewaldung der Gebirge den Eintritt von katastrophalen Ueberschwemmungen nicht unmöglich machen kann.

So sind in den Karpathen, welche heute noch vielfach ideal bewaldet sind, Ueberschwemmungen keine Seltenheit. So vermag, wie dies schon an anderer Stelle hervorgehoben wurde, der bestgepflegte Wiener Wald, welcher 85% des Gebietes des Wienflusses einnimmt, die Hochwässer daselbst nicht zu bannen. Die Katastrophen der Jahre 1897 und 1899 in Oesterreich haben gerade Gebiete betroffen, welche zu den best bewaldeten zählen können. Das Sammelgebiet der Traun, das ist das oberöster-

reichisch-steirische und salzburgische Salzkammergut, ist wie selten ein anderes im Gebirge, gut und reich mit Wald bestockt.

Nichtsdestoweniger war dasselbe und zwar trotz seiner als Wasserfänge wirkenden Seen, als da sind der Grundel-, der Hallstätter, der Wolfgang-, Langbath-, Gmundner See, von den vielen kleinen Seen gar nicht zu reden, in den Jahren 1897 und 1899 ein Bild der Verwüstung.

Es hat also hier die Bewaldung der Quellgebiete, auf welche heutzutage — und wohl aus anderen Gründen mit vollem Rechte — so großer Werth gelegt wird, auf die Ueberschwemmungen den gehofften Einfluss nicht ausüben können. Allerdings müsste in diesem Falle, wie in ähnlichen Fällen die Frage aufgeworfen werden, ob nicht die Wasserfluthen ungleich verheerender gewirkt hätten, wenn die Bewaldung die ihr unbedingt zuzuerkennende günstige, doch hinsichtlich des Einflusses auf Ueberschwemmungen gewiss imponderable Wirkung, nicht ausgeübt hätte.

Dass die Bewaldung solche Katastrophen nicht hintanzuhalten vermag, lässt sich aus manchen Umständen und unter Hinweis auf concrete Verhältnisse wohl erklären. So nimmt z. B. vom ganzen Einzugsgebiete des Rheins oder der Aare das eigentliche im Gebirge gelegene Quellengebiet nur ca. 10 Procent ein, von welchen je ein Theil wieder oberhalb der Baumgrenze liegt. Der Einfluss der Retention des Gebirgswaldes auf die Menge der Wasserführung der genannten Flüsse kann daher kein nennenswerther sein.

Der Wald des in jedem Flussgebiete gelegenen Mittelgebirges, gleichwie jeder Mittelgebirgswald, hat aber an und für sich weniger die Aufgabe die Gewalt des Wasserstromes zu brechen, vielmehr hat er die Bodenschichte für die Niederschläge aufnahmsfähig zu erhalten und die Speisung von Quellen zu begünstigen. Seine Retention kommt deshalb an und für sich weniger und gewiss dann gar nicht in Betracht, wenn, wie übrigens auch im Gebirgswalde, die geognostischen Verhältnisse den Boden bei andauernden Niederschlägen rasch zur Wasseraufnahme unfähig machen.

Auch ist zu berücksichtigen, dass Hochwässer in den Hauptflüssen fast nie mit jenen ihrer Zuflüsse im Gebirge im directen Zusammenhange stehen. Am Mittel- und Unterrhein erfolgen die Hochwässer zumeist im Frühjahre beim Schmelzen des Schnees zu einer Zeit, wo der Wasserstand der Gebirgsflüsse gerade am

niedrigsten ist. Zur Zeit des hohen, durch Schmelzen des Schnees und Gletschereises hervorgerufenen Wasserstandes der schweizerischen Flüsse, d. i. in den Monaten Juni, Juli und August, haben umgekehrt alle deutschen Flüsse den niedersten Stand, so dass etwaige Hochfluthwellen schon bei Basel sich zu verflachen beginnen.

Von großem Interesse sind die autoritativen Anschauungen Honsells [113]) über die Ursachen der Rheinhochwässer. Er sagt, es sei weniger die Intensität der jüngsten Hochwasserkatastrophen, was die Behauptung, dass eine Verschlimmerung der Stromverhältnisse des Rheines vorliege, hervorgerufen habe und zu bestätigen scheine, als vielmehr die Häufigkeit der Hochfluthen schon seit 10 Jahren her, sowie der Umstand, dass deren Eintreten nicht, wie dies sonst am Mittel- und Unterrhein die Regel, beim Uebergange des Winters in das Frühjahr, sondern auch zu anderen Jahreszeiten, insbesondere in das Spätjahr fällt.

Was zunächst den letzteren Umstand anbelangt, so beweist Honsell, dass Hochfluthen im Spätjahr und zum Winteranfang auch früher am Rhein keineswegs selten gewesen. Nicht in Abrede sei aber zu stellen, dass sich die Hochwässer am Rhein seit 1872 in einem Maße gehäuft haben, wie dies aus früherer Zeit wenigstens nicht bekannt ist. Allein schon der Umstand, dass in der gleichen Zeit der gleichen Erscheinung auch in anderen Stromgebieten, selbst über Europa hinaus, begegnet wird, wo die geotektonischen und culturellen Verhältnisse wesentlich verschieden gestaltet sind gegen jene des Rheingebietes, muss es doch von vornherein als äußerst zweifelhaft erscheinen, ob die vermehrte Häufigkeit der Hochwässer wirklich durch künstliches Zuthun, durch Veränderungen im Stromgebiete, durch Entwaldungen, Entwässerungen, Flusscorrectionen und Stromregulirungen veranlasst sei. Es liege doch wahrlich näher, die Ursachen in dem Verhalten des ersten Factors bei der Speisung der Flüsse und Ströme, in der Menge der Niederschläge zu suchen. Es sei vor allem zu fragen, ob denn in dieser Beziehung in dem letzten Jahrzehnt nicht außerordentliche Verhältnisse stattgefunden haben.

Unter Hinweis auf die an Niederschlägen so arme Zeitperiode von 1857 bis 1867 und die sich daran knüpfenden Hypothesen von v. Wex und Grebenau, sowie die Erklärung von Hagen, gibt Honsell genauen Aufschluss über die Regenverhältnisse in den Perioden 1843—1855, 1856—1868 und 1868—1881, mit der durchschnittlich jährlichen Regenhöhe in Karlsruhe von 835, bezw.

661 und 1095 mm und kommt zu dem Schlusse, dass die außerordentlichen Regenverhältnisse der 1870er Jahre und des Jahres 1882 insbesondere, die bekanntlich mit einer kosmischen Erscheinung (Sonnenflecken) in Verbindung gebracht worden sind, denn doch die außergewöhnlichen Hochwassererscheinungen genugsam erklären dürften.

Die Waldfrage anlangend sagt Honsell, dass Entwaldungen in großem Umfange unbestritten zu nahmhaften Uebelständen führen: zu Abschwemmungen der Gehänge im Gebirge, zu Bergrutschungen, Ueberhäufung der Flussgerinne mit Gerölle, zu beschleunigtem, unter Umständen auch vermehrtem Abfluss des Wassers von den Höhen in die Thäler. Wie sich die Folgen gestalten können, davon geben manche Gegenden in Griechenland, Spanien, im mittäglichen Frankreich und am Karst beredtes Zeugniss. Ob der größere oder geringere Waldbestand wirklich auf das Ganze des Klimas, insbesondere der Niederschlagsmengen eines Landes so sehr bestimmten Einfluss hat, wie vielfach behauptet wird, ist zwar nicht unmöglich, aber doch auch noch nicht erwiesen.

Wo haben nun aber, frägt Honsell, im Einzugsgebiete des Rheines solch' schädliche Verwüstungen des Waldes stattgefunden und zwar in der Neuzeit, so dass sie mit den erst seit 1876 in rascher Aufeinanderfolge eingetretenen Hochwassererscheinungen in Beziehung gebracht werden könnten? Doch nicht im Schwarzwald oder im Neckar- und Maingebiete, von woher die Fluthwellen des Rheines gerade nicht selten ihre gefährlichsten Zufuhren erhalten?

Wohl sind auch in Deutschland Entwaldungen vorgekommen, die man heute als nachtheilig für die betreffenden Landstriche bezeichnet; dies gilt aber mehr nur vom Flachlande und wenn darunter auch ein Theil von Westpreußen sich befindet, so stammen diese Veränderungen des Waldbestandes nicht aus der neueren Zeit und ihr Einfluss auf die Rheinhochwässer könnte sich höchstens am Niederrhein fühlbar machen.

Schwarzwald, Odenwald, das pfälzische Hardtgebirge, Spessart und Fichtelgebirge gehören zu den bestbewaldeten Gegenden des deutschen Mittelgebirges und der Wald erfreut sich hier, wie auch in den Vogesen und im schwäbischen und fränkischen Jura nicht erst seit heute im allgemeinen sorgsamer Pflege. Er untersteht zum größten Theile forstpolizeilicher Beaufsichtigung und die rationelle Bewirthschaftung der Staatsforste, wie der im

Eigenthume von Gemeinden, Körperschaften und Großgrundbesitzern stehenden Waldungen lässt kaum zu wünschen übrig. Allerdings konnte es nicht überall verhütet werden, dass einzelne Waldungen abgeholzt oder zu Weiden umgewandelt wurden, allein dies trifft doch nur meist Flächen von verschwindend geringer Ausdehnung und dafür sind seit Jahrzehnten auch wieder kahle Höhen und Gehänge mit Erfolg aufgeforstet worden.

Aehnliche Verhältnisse bestehen in der Schweiz, woselbst insbesondere seit 10 Jahren kraft Eidesgenössischen Gesetzes eine strenge Beaufsichtigung der Forstwirthschaft im sogenannten Hochgebirgsrayon, der in sehr weiter Ausdehung gezogen worden ist, durch den Bundesrath ausgeübt wird.

Die Waldfrage spielt daher im Rheingebiete in Bezug auf Wasservertheilung keine wesentliche Rolle und es kann von den allerdings nur wünschenswerthen weiteren Aufforstungen eine nennenswerthe Abschwächung der Hochwassergefahr nicht erwartet werden.

Mehr Einfluss auf die Wasserabflussverhältnisse im Rheingebiete, als die Waldfrage mag nach Honsell die Trockenlegung von Hochmooren, Entwässerungen und Entsumpfungen im Gebirge und im Hügellande geäußert haben und in dieser Beziehung ist allerdings in der neueren Zeit vieles geschehen.

Die Folge davon möge sich bei plötzlichem Eintreten von Niederschlägen, bei Gewitterregen und Hagelfällen in den kleineren Gewässern durch rascheres und anfangs auch höheres Anwachsen der Wasserstände fühlbar machen. Allein alle solche Veränderungen der Bodenoberflächen, die auf raschere Ableitung des Tagewassers abzielen, sind dann nicht mehr von Bedeutung, wenn die starken Niederschläge schon längere Zeit gedauert haben, oder wenn bei Schneeabgang der Boden unter der Schneedecke gefroren war. Deshalb darf man sich auch von den Maßregeln, die dazu dienen sollen, das Niederschlagswasser in den Quellgebieten und den Zuflüssen der größeren Gewässer möglichst zurückzuhalten oder wenigstens das Abfließen zu verzögern und so die Versickerung und Verdunstung zu befördern, einen allzugroßen Erfolg nicht versprechen.

Bei Eintritt der beiden großen Rheinhochwässer zu Ende November und Ende December 1882 war jedesmal eine so vollständige Sättigung des Bodens mit Wasser eingetreten, wie sie auf künstlichem Wege nicht mehr hätte vermehrt werden können.

Man wäre, vielleicht versucht zu glauben, dass das Zusammentreffen der vielen, wenn auch in einzelnen unbedeutenden Verschlimmerungen, in der Gesammtwirkung auf die Hochwässer von Belang sein könnte. Dies ist aber, beim Rhein wenigstens, offenbar nicht oder doch nicht in merkbarem Maße der Fall. Fast jede Strecke des Rheins hat ihr größtes bekanntes Hochwasser zu anderer Zeit gehabt und kein Hochwasser hat sich über den ganzen Stromlauf mit nur annähernd gleicher Stärke verbreitet, eine Erscheinung die nicht vereinzelt, und nicht zufällig ist. Der Grund hiefür liegt darin, dass, wenn sich auch die ungewöhnlichen Niederschlagsmengen auf ein sehr großes Gebiet verbreiten können, doch die Hauptmasse da oder dort niederfällt und nie alle Verzweigungen des Stromgebietes davon betroffen werden. Soweit Honsell.

Um auch, was speciell die Waldfrage im Rheingebiete anbelangt, gegentheilige Anschauungen zu hören, sei angeführt, dass Wey[116]) darauf verweist, es betrage im Kanton Graubünden der Waldstand nur 17% der Gesammtoberfläche, was auf schwunghafte Abholzung und Entwaldung zurückzuführen sei, wodurch dem Rheine namentlich große Geschiebemassen zugeführt wurden. In den übrigen Kantonen der Schweiz ist nach Wey bezw. nach Eglis statistischem Taschenbuche der Waldstand der Fläche nach besser und bewegt sich von 20,2 % in Luzern bis 36,1 % in Schaffhausen.

Könnte dieser Waldstand sofort auf das doppelte vermehrt werden, so dürfte man, wie Wey sagt, füglich behaupten, dass die durchgeführten Correctionsarbeiten mit wenigen Ausnahmen als vollendet (?) erklärt werden könnten. Hochwässer, wie man sie in den letzten Jahrzenten erlebte, würden zur Unmöglichkeit werden, gerade wie früher ähnliche Quantitäten nie herflossen, sonst hätte ja die Thalebene bei den ehemaligen winzigen Bauten nie bevölkert werden können.

Durch die Wiederbewaldung der Urner Alpen ungefähr bis zur Höhe des Forstbestandes im Oberrheingebiet, sagt Lauterburg[88]), würde sich die gegenwärtige Hochwassermasse der Reuß oberhalb Flüelen um 127 m³ pro Sekunde vermindern, oder die Reuß würde um soviel weniger Wasser führen als beim gegenwärtigen kahlen

116) „Das Hochwasser vom 28. September 1885 im St. Gallischen Rheinthale", vom Ingenieur I. Wey, Rheineck im November 1885. Beilage zum „Tageblatt der Stadt St. Gallen".

Zustande des Reußgebietes, indem sich der „Sterilitäts-Factor" um 0,1, mithin der „Abfluss-Factor" α von 0,925 auf 0,825 reduciren würde.

Angesichts dieser abweichenden Anschauungen hinsichtlich des Einflusses des Waldes auf Ueberschwemmungen, ist es von Interesse, eine Aeußerung anzuführen, welche das k. k. Hydrographische Centralbureau in Wien in der bereits citirten Abhandlung [111]) bezüglich Ursächlichkeit solcher Katastrophen, inbesondere bezüglich des Zusammenhanges von Wald und Ueberschwemmung abgegeben hat. Es heißt dort:

„Zweifellos ist die Entstehung derartiger Ereignisse bloß aus der Wechselwirkung atmosphärischer Erscheinungen zu erklären und, wenn es daher auch folgerichtig wäre, das Auge der Forschung diesbezüglich zunächst auf diesen Wissenszweig zu lenken, so soll doch, vorläufig davon abstrahirend, vorerst die kritische Beurtheilung einiger publicistisch hierüber oft in Wort und Schrift vertretener Anschauungen diesem Referate eingereiht werden, welche über die veranlassenden Einflüsse des Eintrittes gedachter Katastrophen durch die Gewohnheit des Irrthums auf dem muthmaßlichen Wege der Tradition in den Volksglauben gedrungen sein dürften. Beispielsweise ist es eine allbekannte Thatsache, dass dem Waldbestande ein Einfluss auf die Milderung oder wohl gar auf die Verhinderung, und der Waldabstockung ein solcher auf die Entstehung derartiger Elementarereignisse oder auf die Raschheit ihrer Aufeinanderfolge allgemein zuerkannt wird, doch kann diese allgemeine Zuerkennung ebensowenig von hydrographischen Gesichtspunkten aus unwidersprochen bleiben, wie speciell der ganz unbegründete Glaube, dass die Hochwasserkatastrophen der letzten Jahre in Oesterreich durch die zunehmende Abholzung der Wälder verursacht worden wären. In gleicher Weise unzutreffend erscheinen auch die nicht selten vorkommenden Behauptungen, dass die in der letzten Zeitperiode beobachtete raschere Aufeinanderfolge der Hochfluthen mit immer steigender Wasserstandshöhe entweder auf diese Walddevastationen oder aber auf die künstlichen Eingriffe in das Flussregime, beziehungsweise auf die ausgeführten Regulirungsarbeiten zurückzuführen sei.

Das Interesse der Wasserwirthschaft bedingt unbestreitbar eine außerordentliche Werthschätzung des Waldbestandes, welche auf seinen Eigenthümlichkeiten beruht, die Bodendecke vor Abschwemmung und dadurch die Wasserläufe und Thäler vor Ver-

schotterung zu bewahren und das Abschmelzen seiner im Verlaufe der Winterszeit dort abgelagerten Schneemassen durch den gegen Sonnenstrahlen, Wind und warmen Regen gewährenden Schutz zu verzögern, beziehungsweise zu Gunsten eines ruhigen Wasserabflusses zu fördern. Diese Eigenschaften des Waldes vermögen allein schon den steten Ruf nach möglichster Pflege der Forstcultur vollauf zu begründen. Während nämlich durch das langsam und successive Abschmelzen der Schneemassen naturgemäß geringere Wassermengen gleichzeitig in den betreffenden Recipienten gelangen, entspringen aus der Zurückhaltung der Geschiebe, sowie aus der verminderten Sinkstoffführung der Flüsse ganz bedeutende Vortheile, die namentlich für die Quellgebiete deshalb einen unschätzbaren Werth in sich schließen, weil dort nur dadurch den Gefahren der Vermurung ertragsfähigen Bodens und den erschreckenden Verwüstungen cultureller Liegenschaften erfolgreich begegnet werden kann.

Damit dürften aber auch die für Ausbildung der Hochfluthen vortheilbringenden Eigenschaften des Waldes erschöpft sein. Dass demselben auch ein gewisses Retentionsvermögen hinsichtlich des Abflusses eingetretener Niederschläge eigen ist, geht am deutlichsten aus der erfahrungsgemäßen Erscheinung hervor, nach welchen ausgedehnte Entwaldungen eine fühlbare Wasserarmuth der diese Areale durchziehenden Gerinne herbeizuführen im Stande sind. Allein die wohlthätige Wirkung, welche dieser Eigenschaft großer Forste zukommt, ist local beschränkt und bloß geeignet, sich auf den relativ günstigen Verlauf von Ueberfluthungen der Quellgebiete, sowie der unmittelbar daran sich anschließenden oder den Waldbestand umsäumenden Thäler und der dahin einmündenden Wild- und Sturzbäche zu erstrecken. Einen maßgebenden Einfluss auf die Ursache, den Umfang und das Wesen katastrophaler Hochwässer, wie solche Oesterreich heimsuchten und nunmehr in Behandlung stehen, besitzt dieses Rückhaltungsvermögen des Waldes jedoch keinesfalls. Uebrigens findet dasselbe bei Regenkatastrophen, wenn die Atmosphäre und die Bodendecke mit großen Feuchtigkeitsmengen geschwängert ist, gar bald ein Ende. In diesen Fällen wird der Wald sogar für den Abfluss verhältnissmäßig mehr verfügbares flüssiges Element liefern, als wenn dasselbe Landgebiet forstfrei gewesen wäre, da in dem letzteren nach dem Regen sofort erhebliche Massen des gefallenen Wassers zur Verdunstung gelangt sein würden, während die Laub- und Nadel-

dächer des Waldes den Eintritt des Evaporationsprocesses noch längere Zeit zu verzögern geeignet sind.

Lassen nun die soeben geschilderten Verhältnisse nichts weniger als einen Einfluss der Waldwirthschaft auf die Entstehung oder den Verlauf von Hochwasserkatastrophen erkennen, so wäre doch selbst dann, wenn eine günstige Wirkung der vorbesprochenen Retention des Waldes auf den Wasserabfluss und sonach vorausgesetzt würde, dass dieselbe die Eignung besäße, auch bei excessiven Regen eine größere Ermäßigung des Wasserstandes in dem betreffenden Zubringer des Hauptrecipienten zu erzielen, als ein abgestockter oder mit anderen Culturen bebauter Boden, damit noch lange nicht der Nachweis für die vergleichsweise günstige Einwirkung des Waldes auf die Ausbildung der weiter abwärts im Stromlaufe entstandenen Hochwasserkatastrophe als erbracht anzusehen. Denn die erzielte Beschränkung der Wasserstandshöhe bedingt auch eine Verschiebung des Zeitpunktes der bezüglichen Wasserstandsculmination, und da die Mächtigkeit der Hochfluth ganz wesentlich von dem mehr oder weniger gleichzeitigen Zusammenfallen der Wasserstandsculminationen des Hauptrecipienten abhängt, so ist es wohl leicht erklärlich, dass das dem Walde zugedachte Rückhaltungsvermögen und die daraus resultirende Verspätung der Wasserstandsculmination eine Erhöhung des Wasserstandes im Hauptrecipienten zur Folge haben kann, was übrigens sofort in die sinnliche Anschauung dringt, wenn man sich eben vorstellt, dass die Höchstwässer des Zubringers anlässlich der durch den Wald verursachten Verspätung seiner Culmination sich gerade zu dem Zeitpunkte in den Hauptrecipienten ergießen, in welchem der letztere culminirt.

Gegen die dem Walde im Volksglauben zuerkannte Einflussnahme auf die durch excessive Regen hervorgerufenen Katastrophen spricht endlich auch die interessante Thatsache, dass merkwürdigerweise Ländereien, die sich der höchsten Forstcultur erfreuen, nicht selten relativ am intensivsten von derartigen Ereignissen heimgesucht werden. So waren beispielsweise im Jahre 1897 die waldreichen Quellgebiete der Elbe, Iser, Aupa, Neiße, sowie das forestal äußerst cultivirte Einzugsareale der Wien, der Erlauf und der Pielach, ferner im Jahre 1899 die ebenso reich mit üppigem Waldbestand gesegneten Gegenden der Traun, Enns, Ybbs u. s. w. die durch die bezüglichen Katastrophen am meisten betroffenen Gebiete.

Erscheint nun aber die günstige Einflussnahme des Waldes auf

die Ermäßigung der Hochwässer nichts weniger als begründet, um wieviel weniger hat erst dann die Behauptung eine Berechtigung, dass in den Abholzungen der Forste die Ursachen dieser Katastrophen und ihres vehementen Auftretens zu erblicken seien. An dieser Stelle dürfte der Hinweis darauf, dass schon in vergangenen Jahrhunderten Hochwasserkatastrophen von gleicher Großartigkeit wie heutzutage, also zu einer Zeit stattfanden, in welcher gewiss noch keine Klagen über Forstdevastationen vorlagen, bestens geeignet sein, den Werth dieser in der Waldabstockung vermutheten Eigenschaft auf das richtige Niveau zu stellen.

In der weitverbreiteten, aus alter Zeit stammenden Meinung, die Waldabstockung sei Ursache derartiger Elementarereignisse, wird man dann umsomehr nur einen traditionellen Irrthum erblicken können, als sich eigenthümlicherweise noch niemand der Mühe unterzogen hat, an der Hand von Ziffern das Flächenmaß der behaupteten Entwaldung zu bewerthen, um so im Entgegenhalte zu den anerkannten auf den Forstschutz und die Wiederaufforstung abzielenden staatlichen Bestrebungen den Nachweis zu erbringen, dass dieser traditionelle Irrthum wenigstens in Bezug auf die Waldbestandsabnahme einer berechtigten Grundlage nicht entbehre."

Obzwar die Aeußerung einer wenn auch noch so maßgebenden Behörde als eine für die vorliegende bedeutungsvolle Frage nicht gerade entscheidende angesehen werden muss, so ist sie doch äußerst bezeichnend. Es soll ihr hier gerne beigepflichtet werden, womit durchaus nicht in Abrede gestellt ist, dass ein gewisser günstiger Einfluss des Waldes besteht, welcher imponderabel und vielleicht kaum bemerkbar, gewiss aber nicht ausschlaggebend ist im Falle großer, über weite Gebiete hereinbrechender Katastrophen, dagegen immer schärfer dort hervortritt, wo Geschiebeführung die Ueberschwemmungsgefahr erhöht. Auch wird dieser Einfluss immer erkennbarer, je kleiner das Verheerungsgebiet ist; er dominirt in den eigentlichen Wildbachgebieten, macht sich oft noch weit abwärts bemerkbar in den wildbachartigen Gebirgsflüssen und verwischt sich immer mehr und mehr im Thallaufe der großen Flüsse und Ströme.

Die Wildbachverheerungen und ihre Ursachen.

In seinem klassischen Werke „Etude sur les torrents des Hautes-Alpes" hat Surell [10]) die folgenden vier Thesen aufgestellt und mit großem Erfolge verteidigt:

1. Die Bedeckung des Gebirgsbodens mit gut gepflegtem Walde verhindert die Bildung von Wildbächen, während

2. die Entwaldung den Boden den Wildbächen ausliefert;

3. durch Ausdehnung oder Neuanlage von Wäldern wird das Erlöschen der Wildbäche angebahnt, während

4. das Verschwinden des Waldes und seiner Bodendecke die Heftigkeit der Wildbäche steigert und sie sogar von neuem hervorzurufen vermag.

Es drückt sich in diesen vier Sätzen die hohe Bedeutung des Waldes für das Regime der Gebirgsbäche und wohl auch der wildbachartigen Gebirgsflüsse aus, eine Bedeutung, deren Erklärung aus den Ausführungen des ersten Abschnittes unzweifelhaft erhellt.

Nichtsdestoweniger ist Surell, und zwar in seinem ersten Satze, zu weit gegangen, denn es gibt leider viele Beispiele, aus welchen zu erkennen ist, dass unter gewissen Umständen die besten Waldverhältnisse auch das Entstehen der Wildbäche nicht zu verhindern und ihre schädliche Wirkung nicht zu mildern vermögen. Diesbezüglich muss, wie dies schon an anderer Stelle geschehen, auf die östlichen Karpathen verwiesen werden, wo unter den, für die vorliegende Frage wohl günstigsten Waldverhältnissen gewaltige Wildbäche ihr Unwesen treiben. Als ein weiteres, recht instructives Beispiel in dieser Richtung ist das Langbaththal im österreichischen Salzkammergute anzuführen, über welches trotz der besten Bewaldung in den Jahren 1897 und 1899 furchtbare Katastrophen hereingebrochen sind. Auf landwirthschaftlich benutzte Culturen entfallen dort von der Fläche des Niederschlagsgebietes nur 2 Procent, auf Wald 72 Procent, der Rest auf die beiden Langbath-Seen und auf kahles Gestein. Den guten Bewaldungsverhältnissen, welche die Katastrophe nicht zu verhindern im Stande waren, ist es allerdings doch wenigstens zu verdanken, dass die Seitengräben nahezu völlig unschädlich geblieben sind. Die Hauptursache der Verheerung waren auch hier die abnormen Niederschläge, dann die geologischen Verhältnisse und der Zustand des Bachlaufes. Der vorherrschende Kalk und Dolomit ist in der Thalschlucht von mächtigen Lagen von Diluvialschutt bedeckt, welcher den Wassermassen keinen Widerstand entgegenzusetzen vermag. Nur dadurch war es möglich, dass die Unterwühlung der Sohle und der Hänge in einem so großartigen Maßstabe — die steilen Bruchufer haben auf langen Strecken mitunter eine Höhe von bis 40 m — vor sich gegangen

ist, wie dies aus Abbildung Nr. 24 entnommen werden kann. Eine weitere Ursache dieser außerordentlich großen Verheerung lag wohl auch im Bruche eines im Ortsgebiete befindlichen Wehres, welcher eine starke Vertiefung des Bachlaufes bergseits desselben und damit Verklausungen durch Geschiebeanhäufung und Einsturz vieler Häuser, Abbildung Nr. 25, Seite 155, bedingte. Es ist eben nicht der Wald allein, welcher die ganze große Aufgabe der Retention



Abbildung Nr. 24. Sohlenvertiefung im Langbathbache, Ober-Oesterreich.

sowohl des Wassers als auch des Geschiebes auf sich zu nehmen vermag, so sehr man auch gewillt ist, ihm diese gewaltige Arbeitsleistung aufzubürden. Maßgebend sind nebst den Wald-, auch geotektonische, sowie Terrainverhältnisse und, last not least, wirthschaftliche Zustände im Niederschlagsgebiete.

Diese Auffassung theilte auch der österreichische Reichsforstverein, als er im Jahre 1883 über die Ursachen der Hochwasserschäden des Jahres 1882 berieth. In geotektonischer Beziehung, um nur ein Beispiel hervorzuheben, ist auf die Hauptheile fast sämmtlicher Beskiden- und Karpathenflüsse zu verweisen, deren

Thalsohlen mit diluvialen Schottermassen ausgefüllt sind, in welchen die Wässer, trotz der besten Bewaldungsverhältnisse der Gehänge beharrlich wühlen und Nahrung für ihren wildbachartigen Charakter finden. Die Terrainfiguration ist einflussnehmend auf den Wasserabfluss, auf Entstehen von Lawinen, Muren, Bergstürzen, kurz auf alle jene Momente, welche das Herkommen des Geschiebes begünstigen.

Von wirthschaftlichen Verhältnissen seien, von der Wald-



Abbildung Nr. 25. Verheerungen in Ebensee: Langbathbach, Ober-Oesterreich.

wirthschaft ganz abgesehen, die irrationellen Wasserleitungen hervorzuheben, welche selbst unter den besten Waldverhältnissen, ja vermöge der Schwere der oberirdischen Holzmasse gerade dort, Absitzungen und Murbrüche zu veranlassen im Stande sind. Mitunter sind es auch ganz unberechenbare Zufälligkeiten, welche örtlich Verheerungen veranlassen können. Es wird auf alle diese Umstände an geeigneter Stelle zurückgekommen werden.

Unzweifelhaft richtig sind die weitern drei citirten Sätze Surells, und es kann gar nicht in Abrede gestellt werden, dass, von größeren Entwaldungen ganz abgesehen, unvorsichtige Waldnutzungen auf räumlich beschränkter Fläche, wenn die Verhält-

nisse danach angethan sind, allein schon wesentlich zur Verschlechterung der Abflussverhältnisse beitragen können und die Ursache oder doch die Steigerung der Wildbachverheerungen erklären lassen. So wird das Entstehen vieler Wildbäche mit Recht auf wenn auch nur partielle Kahlschlägerungen zurückgeführt; so kann sich aus einer einfachen Erdrunse, welche dem Holztransporte diente, eine größere Runse, ein muschelförmiger Ausriss und in der Folge selbst ein Wildbach entwickeln.

Umgekehrt wird durch Ausdehnung oder Neuanlage von Wäldern das Erlöschen der Wildbäche angebahnt, wobei nur hinzuzufügen kommt, dass in erster Linie die richtige Wahl der Oertlichkeit — von allen andern zu berücksichtigenden Momenten abgesehen —, für die Wiederbewaldung zu beachten ist.

Einerseits der Umstand, dass die auf die Retention des Wassers und des Geschiebes zurückzuführende Bedeutung des Waldes im Wildbachgebiete eine ganz außerordentliche ist und im Entgegenhalte hiezu die Thatsache, dass sich die Waldverhältnisse in den Wildbachgebieten im Laufe der letzten Jahrhunderte, ja vielleicht manchenorts im Laufe der letzten Decennien verschlechtert haben, lassen es, von anderen wirthschaftlichen Verhältnissen, als irrationelle Weideausübung u. dergl. m., ganz abgesehen, erklärlich erscheinen, dass Wildbachverheerungen in so rascher Aufeinanderfolge die Gebirgsländer heimsuchen.

Schlussfolgerung über die Ursachen der Ueberschwemmungen und der Wildbachverheerungen.

Bei Zusammenfassung der vorstehenden Ausführungen lassen sich als die hervorragendsten Ursachen, sowohl der Ueberschwemmungen als der Wildbachverheerungen anführen:

1. Außerordentliche meteorische Niederschläge, wie sie periodisch wiederkehren und, ob mit Recht oder Unrecht behauptet, immer wiederkehren werden, insolange das Verhältniss von Wasser zu Land sich nicht zu Gunsten des Letzteren ausgleicht. Im Falle reichlicher fester Niederschläge im Winter oder im zeitigen Frühjahre ist es die rasche Schneeschmelze, welche die Führung großer Wassermassen mit sich bringt; Eisgänge und Eisstauungen führen zu Ueberschwemmungen. In Wildbächen sind es besonders die wolkenbruchartigen Regengüsse, namentlich aber unter gewissen geotektonischen Verhältnissen, bei Vorhanden-

sein nackter, aus Schutt und leicht erodierbaren Gesteinsmassen zusammengesetzten Gehängen die Hagelwetter, welche zur Entfesselung des Gewässers beitragen.

2. Die mangelhafte Wasserpolizei und im Zusammenhange damit der trostlose, vernachlässigte Zustand der Gerinne. Hier ist zu erwähnen: das Vorhandensein der nicht widerstandsfähigen neuen, nicht entsprechenden Einbauten, insbesondere Wehren, die oft ungenügenden Profile, die nicht hochwasserfreien Brücken, die Ablagerung von Holz u. dergl. in den Inundationsgebieten, die Belassung von hochstämmigem Holze innerhalb derselben und besonders an den Ufern der Gewässer, an den Rändern der Bruchflächen, die Benützung der Rinnsale als Wege, die Unterlassung der Reinigung der Gerinne von Wildholz, die oft irrationelle Ausübung der Trift und Flößerei, in letzterer Beziehung namentlich auch im Falle der Auflassung des Holztransportes zu Wasser, die nicht gehörige Instandhaltung von Klausen, Rechen und Uferschutzbauten, welche früher dem Transporte dienten.

Alle diese Umstände machen sich sowohl in den Ueberschwemmungs- als auch in den Wildbachgebieten gleich schädlich bemerkbar. Nur die Abfluss- und die localen Verhältnisse können die Art der hervorgerufenen Verwilderungen modificiren. Verklausungen in den Wildbachgebieten können örtlich und relativ große Veränderungen hervorrufen; schon geringe Wasserstauungen im Ueberschwemmungsgebiete wirken oft verheerend auf das überfluthete werthvolle Culturland.

3. Vielfach mangelhafte und unzureichende Flussregulirungen, insbesondere aber Wildbachverbauungen, und alle jene Umstände legislativer, finanzieller, administrativer und wohl mitunter auch particularistischer Natur, welche der energischen und ausreichenden Durchführung dieser im höchsten Interesse der Landescultur gelegenen Maßnahmen im Wege stehen.

4. Die vielfach noch mangelhafte, unzureichende Forstgesetzgebung und ungenügende staatliche Forstaufsicht. Trotz des unverkennbaren Fortschrittes bleibt in dieser Richtung noch vieles zu thun. Die Güterschlächterei und das vielfach offenbar nur auf schrankenlose Ausbeute des Waldes gerichtete Bestreben nach Errichtung von holzverzehrenden Betriebsstätten, sind als weitere Ursachen zu nennen; die die ordnungsmäßige Wirthschaft behindernde Streu- und Weideservituten, die nicht selten prakticirten Waldtheilungen im Gebirge können nicht unerwähnt bleiben.

Die hier sub 4 genannten Ursachen sind, weil mit der Waldfrage innig zusammenhängend, den Wildbachverheerungen in weitaus höherem Maße als den Ueberschwemmungen zu Grunde liegend.

5. Die zumeist mangelhafte Bewirthschaftung der Alpen und Gebirgsweideflächen. Die Folge dieser mangelhaften Bewirthschaftung ist zunächst das Bedürfniss nach Ausdehnung des Weideterrains, und diesem Bedürfnisse ist es wieder zuzuschreiben, dass so manche, vermöge ihrer concreten Bodenbeschaffenheit dem Waldlande angehörige und als solche im Hinblick auf möglichste Retention zu erhaltende Fläche der Waldcultur entzogen, selbst aber nach und nach infolge der mangelhaften landwirthschaftlichen Benützung der Verödung zugeführt wird.

Dieser mangelhaften, für das Regime der Wildwässer sehr bedeutungsvollen Bewirthschaftung liegt wieder der Mangel an Alpenbewirthschaftungsgesetzen, an nicht genügender Würdigung der Hebung des Futterbaues auf den Alpen zu Grunde.

6. Ist der Entwässerung des Waldlandes und der Gebirgsmoore und Filze zu gedenken.

Diese nur in den Hauptumrissen skizzirten Ursachen können von Fall zu Fall noch wesentliche Ergänzung erfahren und es werden sich dieselben bei Besprechung der Gegenmaßregeln von selbst ergeben. Es mag hier des Interesses wegen beigefügt werden, dass über Auftrag des italienischen Ackerbauministeriums der Oberforstinspector Dr. Carl Giacomelli[117]) als Ursachen der Wasserverheerungen in Venetien im September des Jahres 1882 bezeichnet hat:

1. die außergewöhnlichen Regenmengen in den Niederschlagsgebieten,

2. die fortschreitende Waldverwüstung, welche unmittelbar zur Formirung der Sinkstoffe führt,

3. die große Menge der von den Niederschlagswässern aufgewühlten und in den Sammelkanal, sodann in das Ablagerungsbett abgeschwemmten Sinkstoffe,

4. den Mangel solcher baulichen Vorkehrungen in den Niederschlagsgebieten, welche geeignet wären, die Aufwühlung der Sinkstoffe hinanzuhalten.

117) „Die Ueberschwemmungen im venetianischen Gebiete im Jahre 1882 in ihrem Verhältnisse zur Entwaldung der Berge und die Wirkungen der Sperren und Thalsperren, insbesondere in der Provinz Sondrio". Annali di agricoltura, 1883.

Auch hier ist die Größe der Niederschläge in erste Linie gestellt. Die anderen, in den letzten 3 Punkten formulirten Ursachen beziehen sich offenbar mehr auf die Verheerungen in den Wildbachgebieten. Es kann dem Gutachten nicht zum Vortheile gereichen, dass in demselben, soweit dies dem in der Fußnote citirten Artikel zu entnehmen war, anderer Ursachen, so insbesondere der mangelhaften Wasserwirthschaft, nicht gedacht war.

Zum Schlusse sei noch der Begründung der Regierungsvorlage über das schlesische Hochwasserschutzgesetz [118]) gedacht, in welcher als die örtlichen Ursachen der verheerenden Ueberschwemmungen des Sommers 1897, von denen in erster Linie was das deutsche Reich anbelangt, weite Strecken der Provinzen Brandenburg und Schlesien betroffen worden sind, für sämmtliche Flussgebiete mit Ausnahme der Oder, angegeben erscheinen:

1. „Die Verwilderung der Flussläufe, die in der Regel auf die mangelhafte Unterhaltung und Sicherung der Ufer zurückzuführen ist.

Während die bereits regulirten Strecken der Flussläufe günstig functionirten, hatten die nicht regulirten, infolge der sehr wechselvollen Profilverhältnisse ungünstige Abflussverhältnisse. Die häufig vorkommenden, schlangenartigen Krümmungen in Verbindung mit den vielen, dem Abfluss hinderlichen natürlichen und künstlichen Einengungen, haben die Hochwassergefahr erhöht.

2. Der starke Baum- und Strauchwuchs im Ueberschwemmungsgebiete, namentlich auf dem Vorlande von Deichen und an den Ufern, sowie hie und dort vorkommenden Inseln. Es ist augenfällig, welchen Schaden die unmittelbar am Rande der Flüsse und Bäche stehenden Bäume und Sträucher verursacht haben, und zwar einmal durch die Einengung des Flussprofiles, welche dem freien Abflusse der Wassermassen vielfach hinderlich war und durch Festhalten schwimmender Gegenstände schadenbringende Aufstauungen bewirkte. Sodann aber auch durch ihre Einwirkung auf das Ufer, da die von der Gewalt der Strömung gelockerten und entwurzelten Stämme Uferbrüche und Auskolkungen verursachten, während die Bepflanzung vielfach in der irrigen Annahme erfolgt war, dass die Bäume und Sträucher durch ihre Verwurzelung zum Schutze der Ufer gegen den Strom wesentlich beitragen würden.

118) „Das schlesische Hochwasserschutzgesetz vom 3. Juli 1900 nebst den dazu gehörigen Materialien". Zusammengestellt und erläutert von G. Freiherrn von Seherr-Thoss. Breslau 1900.

3. Die Einengung der Flüsse und ihrer Ueberschwemmungsgebiete durch Häuser, gewerbliche Anlagen, Stauwehren, zu eng angelegte Brücken und von Alters her bestehende unregulirte Deiche; auch das Lagern von Hölzern im Ueberschwemmungsgebiete, namentlich bei Brettmühlen und Zimmerplätzen haben vielfach ähnliche verhängnissvolle Folgen gehabt.

4. Die große Menge der von der Strömung mitgeführten Gegenstände, besonders Hölzer, Getreide, Fußstege, Brückentheile haben sowohl an Ufern und Grundstücken, wie an Gebäuden großen Schaden angerichtet und sind insbesondere auch den Brücken verhängnissvoll geworden, da sie deren Oeffnungen versetzten und in Folge des Wasserdruckes vielfach den Einsturz veranlassten. Namentlich trifft dies zu für Holzbrücken.

Wäre ihr gesammter Durchflussquerschnitt auch wohl im Stande gewesen, ohne einen besonders erheblichen Aufstau das Hochwasser zu bewältigen, so erwiesen sich bei allen zerstörten und stark beschädigten Holzbrücken doch die Weiten der Joche als unzulänglich. An ihnen wurden die von der Strömung mitgeführten größeren Schwimmkörper wie Bäume, Bretter u. s. w. festgehalten. In die Lücken dieser starren Massen setzten sich dann die antreibenden leichteren biegsamen Stoffe, Sträucher, Zweige, Garben, Heu, Gräser u. dergl. Hiedurch staute sich das Wasser, stürzte mit verstärktem Gefälle durch die freigebliebenen Querschnittsöffnungen, hier Auskolkungen und Unterwaschungen erzeugend, und suchte, falls der Aufbau sich über die Ufer und Rampen erhob, seinen Weg seitlich der Brücke. Nicht selten konnten die Joche den Wasserdruck nicht aushalten, zerbrachen und zerstörten so die ganze Brücke; häufig wurden durch Unterspülungen die Unterjoche und massiven Widerlager zum Einsturze gebracht“.

IV.

Die Gesetze der Bewegung des Geschiebes.[119])

Wenn die Besprechung der Gesetzmäßigkeit der Bewegung des Geschiebes im Rahmen eines „Grundrisses der Wildbachverbauung“ Raum finden soll, so hat das seinen guten Grund.

Vielleicht in keinem anderen technischen Gebiete bildet die Kenntniss dieser Gesetzmäßigkeit, selbstverständlich immer nur den vorliegenden Zweck im Auge, eine so wichtige theoretische Grundlage, wie in jenem der Wildbachverbauung. Auch ist es wohl unzweifelhaft, dass gerade der Wildbachverbauer reichlich Gelegenheit finden muss, diese Gesetzmäßigkeit zu beobachten und — hiezu ist wahrlich das Bedürfniss gegeben — weiter zu ergründen, wissenschaftlich, sowie auch vom Standpunkte der Praxis auszubauen.

Wenn in den nachfolgenden Ausführungen die Theorie der Bewegung des Wassers und die damit im Zusammenhange stehenden anderweitigen theoretischen Probleme außer Betracht bleiben, so geschieht dies unter der Voraussetzung des Vertrautseins mit diesen Grundlagen der modernen Hydrotechnik.

Es ist eine bekannte, übrigens auch schon aus den vorhergehenden Abschnitten erhellende Thatsache, dass sich insbesondere die Gebirgswässer, namentlich aber die Wildbäche, durch eine in der Regel ganz bedeutende, auf gewisse Processe, so namentlich auf die Verwitterung und die Erosion zurückzuleitende Materialführung auszeichnen.

119) „Die Gesetze der Bewegung des Wassers und des Geschiebes, die Berechnung der Abflussmengen und der Durchflussprofile“; zum Gebrauche für den Forsttechniker. Von Ferdinand Wang. Wien 1899.

Die die Bewegung des Wassers und die Entwickelung der Rinnsale so wesentlich beeinflussende Sinkstoffführung vollzieht sich nach gewissen, allerdings noch nicht vollkommen genau feststehenden Gesetzen, welche offenbar von verschiedenen Verhältnissen, so von der Menge und der Beschaffenheit des Geschiebes, von den in den Rinnsalen herrschenden Gefälls- und Profilverhältnissen, dann von den jeweiligen, den Transport vermittelnden Wassermengen und dergleichen mehr, abhängig sein werden.

Um zunächst ganz allgemeine, von der Größe und Form des Geschiebes unabhängige Bewegungsgesetze aufstellen zu können, wird von den folgenden Betrachtungen auszugehen sein.

Allgemeine Bewegungsgesetze.

Die Schleppkraft des Wassers.

Die bewegende, kinetische Kraft des Wassers, oder auch „Schleppkraft“, „force d'entraînement“ genannt, wurde in exacter Weise von Du Boys[120]) zu ermitteln gesucht, welcher für sie einfache Beziehungen zwischen Wassertiefe und Gefälle aufgestellt hat.

Bei Aufrechthaltung der, der gleichförmigen Bewegung des Wassers zugrunde liegenden Anschauung, dass der Zuwachs an lebendiger Kraft des Wassers durch die Arbeit des Widerstandes im Gerinne stets völlig vernichtet wird, und bei der weiteren Annahme, dass die Schleppkraft des Wassers als eine dem Widerstande des Gerinnes gleiche und entgegengesetzte Kraftwirkung auftreten müsse, fand Du Boys für dieselbe den Ausdruck:

1) $$F = 1000 \cdot H \cdot i$$ [121]),

wobei H die Wassertiefe und i das Gefällsverhältniss bedeuten.

---

120) „Le Rhone et les rivières à lit affouillable.“ Etude du régime du Rhone et de l'action exercée par les eaux sur un lit à fond de graviers indéfiniment affouillable.“ Ch. II. „Grandeur et effets de la force d'entraînement“; von M. P. Du Boys. Annales des Ponts et Chaussées, pag. 149. Paris 1879.

121) Die Ableitung dieser und der weiteren von Du Boys aufgestellten Formeln siehe auch „Handbuch der Ingenieurwissenschaften.“ Dritter Band. „Der Wasserbau“. Zweite Abtheilung. 1. Hälfte, 1. Lieferung. „Der Flussbau“, pag. 171. „Theorie der Geschiebeführung“; von Fr. Kreuter, H. Garbe u. A. Koch. Leipzig 1897.

Zu einem ähnlichen Resultate führen jene Betrachtungen, welche in dem an anderer Stelle citirten ausgezeichneten Werke Thiérys [29]) entwickelt sind und welche wegen des sich an den Gegenstand knüpfenden großen Interesses in Kürze angegeben werden sollen.

In Figur 2 bezeichnen:

X eine gewisse Strecke des betrachteten Gerinnes,
AB deren unter dem $\measuredangle\, \alpha$ zum Horizonte geneigte Sohle,
CD den zur Sohle parallelen Wasserspiegel,
MN einen unendlich dünn gedachten Wasserfaden vom Querschnitte f und der Länge $MN = AB = CD = l$,
P das Gewicht des Wasserfadens,
p und p_1 die beiden Componenten desselben;
γ sei das specifische Gewicht der Flüssigkeit.

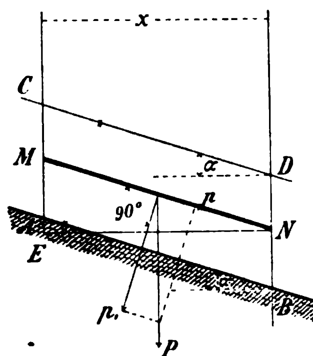


Fig. 2.

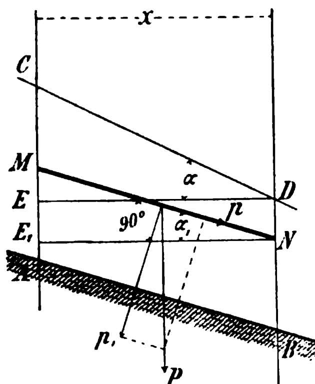


Fig. 3.

Nachdem die bewegende Kraft des Wassers offenbar nur auf die Componente p von P zurückzuführen ist und die in M und N auftretenden Wasserdrücke sich gegenseitig beheben, so lässt sich für den betrachteten Wasserfaden die bewegende Kraft k in die Formel kleiden:

$$k = P \cdot \sin \alpha = f \cdot l \cdot \gamma \cdot \sin \alpha = f \cdot \gamma \cdot CD \cdot \sin \alpha.$$

Ein ganz ähnliches Resultat ergibt sich bei Annahme der Convergenz der Gerinnsohle und des Niveaus des Wasserspiegels, wenn man mit α den Neigungswinkel dieses letzteren, Fig. 3, bezeichnet. In diesem Falle ist

$$p = P \cdot \sin \alpha_1 = \gamma \cdot l \cdot f \cdot \sin \alpha_1 = f \cdot \gamma \cdot ME_1.$$

Nachdem sich aber jetzt die Wasserdrücke in M und N gegenseitig nicht beheben, so ergibt sich die bewegende Kraft aus dem Ausdrucke

$$k = p + f \cdot \gamma \cdot [CM - DN] = f \cdot \gamma \cdot [ME_1 + CM - DN]$$
$$= f \cdot \gamma \cdot CE = f \cdot \gamma \cdot CD \cdot \sin \alpha.$$

Ein ähnliches Resultat würde sich auch bei Annahme der Divergenz der Sohle und des Wasserspiegelniveaus ergeben. Hieraus erhellt, dass die bewegende Kraft des Wassers von der Neigung des Wasserspiegels, nicht aber von der Neigung der Sohle abhängig ist. Um von der für die einzelnen Wasserfäden ermittelten bewegenden Kraft k auf die bewegende Kraft K der ganzen Wassermasse X zu schließen, sind die gefundenen Werthe innerhalb gewisser Grenzen zu summiren. Die Aufgabe wird nur dann eine einfache, wenn, was ja zumeist zutreffend ist, Sohle und Wasserspiegel bei Gleichbleiben der Verhältnisse im Gerinne, bei Gleichbleiben des Durchflussprofiles, Fig. 2, als parallel anzunehmen sind.

In diesem für die Betrachtungen vollkommen hinreichenden Falle ergibt sich für K der Ausdruck

$$K = \int_A^C k = \int_A^C f \cdot \gamma \cdot l \cdot \sin \alpha = \gamma \cdot l \cdot \sin \alpha \cdot \int_A^C f,$$

wobei $\int_A^C f$ die benetzte Fläche F des Querprofiles in der Strecke X bedeutet. Es ist sonach

$$K = \gamma \cdot l \cdot \sin \alpha \cdot F;$$

und nachdem $\gamma \cdot l \cdot F$ als das Gewicht G der ganzen bewegten Masse anzusehen ist und für die in der Regel vorherrschenden geringen Neigungswinkel statt $\sin \alpha$, auch $\operatorname{tang} \alpha$ gesetzt werden kann, letztere aber das relative Gefälle J darstellt, so erhält man als endgiltigen Ausdruck für die bewegende Kraft

2) $$K = G \cdot J.$$

Die Uebereinstimmung der Formeln 1 und 2 ist leicht zu erkennen. Bei Ableitung der Formel 1 ist angenommen, es ruhe auf der Sohle ein Wasserprisma von der Grundfläche Eins | 1 m² und der Höhe H Meter auf und es sei F die diesem Wasserprisma innewohnende Schleppkraft. Bei Annahme des specifischen Wasser-

gewichtes $\gamma = 1000$ kg für einen Cubikmeter, stellt der Ausdruck $1000\,H$ in Formel 1, das in Formel 2 eingesetzte Gewicht G der in Betracht gezogenen Wassermasse dar; auch sind in beiden Fällen i und J die jeweiligen herrschenden Gefällsverhältnisse.

Der Einfluss der Geschiebeführung auf die Bewegung des Wassers.

Der Einfluss der Geschiebeführung auf die Bewegung des Wassers macht sich zunächst dadurch bemerkbar, dass sich das mit Material belastete Wasser unter sonst gleichen Verhältnissen träger bewegt, als das materialfreie. Die theoretische Begründung dieser allenthalben zu beobachtenden Erscheinung ergibt sich auf die folgende Weise:

Wird mit Q das Volumen jener geschiebefrei gedachten Wassermenge bezeichnet, welche in einer Sekunde ein gewisses Querprofil durchfließt, und sei γ das specifische Gewicht des reinen Wassers, so stellt das Product $Q \cdot \gamma$ das Gewicht der sich im gedachten Querprofile bewegenden, sekundlichen und geschiebefreien Wassermenge dar.

Wird das bewegte Wasser in einem bestimmten Momente plötzlich mit Geschiebe von dem Volumen αQ und dem specifischen Gewichte d belastet, wobei α einen Coefficienten darstellt, welcher das Verhältniss zwischen der Größe des Wasser- und jener des Geschiebevolumens angibt, so nimmt, nachdem das Geschiebe die Wassermenge von dem Gewichte $\alpha \cdot Q \cdot \gamma$ verdrängt, das Gewicht der bewegten Masse im gedachten Belastungsmomente um die Größe

$$\alpha \cdot Q \cdot d - \alpha \cdot Q \cdot \gamma = \alpha\, Q\, [d - \gamma] \text{ zu.}$$

Wäre die mittlere Geschwindigkeit des Wassers im gedachten Querprofile vor der Belastung mit Geschiebe v gewesen, so wird nach eingetretener Belastung eine andere, bei weiterhin gleichbleibender Belastung auch weiterhin gleichbleibende mittlere Wassergeschwindigkeit v_1 im Querprofile zu constatiren sein. Nachdem jedoch der Beharrungszustand vorausgesetzt wird, d. h. angenommen ist, dass im Falle der gleichförmigen Bewegung die Widerstände des Gerinnes die durch die bewegte Masse geleistete Arbeit stets beheben, so lässt sich die Gleichung aufstellen:

$$\gamma \cdot Q \cdot v = [\gamma\, Q + \alpha\, Q\, [d - \gamma]] \cdot v_1$$

oder

$$3) \qquad v_1 = v \cdot \frac{\gamma}{\gamma + \alpha\, [d - \gamma]}$$

Durch diese Formel ist die Beziehung zwischen den beiden mittleren Geschwindigkeiten v und v_1, im Falle der reinen Wasserführung und im Falle der Belastung mit Geschiebe gegeben. Es geht aus ihr hervor, dass v_1 thatschlich immer kleiner als v sein muss, denn der Ausdruck

$$\frac{\gamma}{\gamma + \alpha\,[d - \gamma]}$$

ist, nachdem die Differenz $(d - \gamma)$ stets positiv ist, als ein echter Bruch anzusehen. Es erscheint sonach die Behauptung, dass die mittlere Wassergeschwindigkeit mit zunehmender Belastung abnimmt, theoretisch bewiesen und hiemit einer der wichtigsten Lehrsätze für die Bewegung des Geschiebes gewonnen.

Wird die für die mittlere Wassergeschwindigkeit allgemein geltende Formel $v = c\sqrt{R \cdot J}$ in Betracht gezogen, so lässt sich für v_1 im Falle der Geschiebebelastung, die Werthe von R und von J als unverändert angenommen, der Ausdruck

$$v_1 = c_1 \sqrt{R \cdot J}$$

setzen. Es wird dann

$$4) \qquad \frac{v}{v_1} = \frac{c}{c_1} = \frac{\gamma + \alpha\,[d - \gamma]}{\gamma}$$

Um sich sonach von Fall zu Fall von dem Einflusse der Geschiebebelastung auf die mittlere Wassergeschwindigkeit ein wenigstens approximatives Bild entwerfen zu können, wird man das Verhältniss der beiden Geschwindigkeitsfactoren c und c_1 zu einander festzustellen haben. Wären z. B. $d = 2400$ kg, $\gamma = 1000$ kg und $\alpha = 1$ zu setzen, so ergäbe sich für dies Verhältniss $\frac{c}{c_1}$ der Werth:

$$\frac{c}{c_1} = \frac{2400}{1000}$$

oder für c_1 der Ausdruck

$$c_1 = 0{,}42\,c.$$

Wenn also die bewegte, rein gedachte Wassermasse derart mit Geschiebe belastet wird, dass die Wasser- und Geschiebevolumina einander gleich werden, so sinkt die mittlere Geschwindigkeit der bewegten, nunmehr belasteten Wassermasse unter den halben früheren Werth.

Allerdings ist das in Formel 4 zum Ausdruck gebrachte Verhältniss zwischen den beiden Geschwindigkeitsfactoren und somit auch zwischen den mittleren Geschwindigkeiten nur als ein annähernd richtiges anzusehen, denn im Falle der Geschiebebelastung können sich auch die beiden Größen R und J ändern. Auch ist nicht allein die Masse des Geschiebes, sondern auch dessen Gestalt und die Art der Vorwärtsbewegung, ob einzeln oder in grossen Massen, auf die Aenderung der mittleren Geschwindigkeit von Einfluss; übrigens wird auch das sich an der Sohle und an den Wandungen reibende Geschiebe die Widerstände erhöhen. Doch können die gefundenen Resultate immerhin als annähernd richtig angesehen werden.

Der Stoß des Wassers auf das Geschiebe und der Widerstand des letzteren.

Für den Stoß S des unbegrenzten Wassers auf einen in Ruhe befindlichen Körper gilt zunächst die aus der Hydraulik bekannte Formel

$$5) \qquad S = (k + k_1)\, \gamma \cdot F \cdot \frac{v^2}{2g},$$

worin F die gestoßene Fläche, v die mittlere Flüssigkeitsgeschwindigkeit, γ das specifische Flüssigkeitsgewicht, g die Acceleration der Schwere, dann k und k_1 zwei Coefficienten bedeuten, welche zunächst von der Form der gestoßenen Fläche und von jener des gestoßenen Körpers abhängig sind.

Je dichter die Flüssigkeit, je größer die gestoßene Fläche — diese gleichgesetzt der Projection des gestoßenen Körpers auf eine senkrecht zur Bewegungsrichtung stehende Ebene — desto größer ist der Stoß des Wassers, beziehungsweise umgekehrt, desto größer ist der Widerstand, welchen dieses, wenn in Ruhe gedacht, einem bewegten Körper entgegensetzt. Auch wird die Größe des Stoßes naturgemäß davon abhängen, ob der Körper im Wasser nur theilweise oder vollkommen untergetaucht ist. Anlangend die beiden Coefficienten k und k_1, so charakterisirt der erstere die durch die Pressung der Wassertheilchen an der oberen, der Vorderfläche des gestoßenen Körpers, die durch die sogenannte „Positivpression" hervorgerufene Wirkung des Stoßes. Auch an der unteren, der Hinterfläche des gestoßenen Körpers, macht

sich in Folge des Bestrebens der Wassertheilchen, sich zu vereinigen, eine die Bewegung des Körpers beeinflussende Pression, die sogenannte „Negativpression“ bemerkbar und diese ist durch den Coefficienten k_1 charakterisirt. Die Größe der beiden Coefficienten k und k_1 wurde insbesondere von Dubuat, dann aber auch von Eytelwein und Sternberg experimentell zu ermitteln gesucht. Der erstere unternahm die Versuche mit Hilfe eines Bleches, eines Würfels und eines Prismas. In allen drei Fällen war die gestoßene, verticale und zur Stoßrichtung normale Fläche ein Quadrat von 0,325 m Seitenlänge; das Blech war 9 mm stark und das Prisma 0,975 m lang; die Wassergeschwindigkeit betrug 0,975 m pro Sekunde.

Während sich für k in allen drei Fällen der Werth von 1,19 ergab, war der Werth von k_1 für das Blech 0,67, für den Würfel 0,27 und für das Prisma 0,15, woraus geschlossen werden konnte, dass die sogenannte Negativpression und somit auch die Gesammtwirkung des Stoßes mit der Länge des Steines abnimmt, was sich dadurch erklärt, dass das Bestreben der Wassertheilchen, sich an der Unterseite des Körpers wieder zu vereinigen, mit der Körperlänge abnimmt. Während sich sonach auf Grund der vorstehenden Angaben die Summe der beiden Coefficienten k und k_1 im Mittel mit 1,5 festsetzen ließe, fand man weiter, dass diese Summe für sphärische Körper bis auf den Werth von 0,5 herabsinkt, der Stoß des Wassers also geringer wird. Nach Sternberg ist für die Form des Umdrehungsellipsoides, dessen Längenachse b doppelt so groß ist als die kleine Achse a, die Summe der beiden Coefficienten k und $k_1 = 0,8$ zu setzen. Bei Körpern, welche oben durch zwei Verticalebenen zugespitzt sind, nimmt die Summengröße von k und k_1 mit dem Zuschärfungswinkel ab. So sinkt beispielsweise für den Werth dieses Winkels von 12^0 die Summe von $k + k_1$ auf 0,44 herab. Ist die Hinterfläche des Körpers zugeschärft, so ist mit der Abnahme des Zuschärfungswinkels gleichfalls eine Abnahme des Summenwerthes $k + k_1$ zu constatiren, doch ist diese nicht so bedeutend.

Bei Annahme des Durchschnittswerthes $k + k_1 = 1,5$ lässt sich die Formel 5, in welcher für g der Werth 9.81 zu setzen ist, auch schreiben:

$$6)\quad S = \frac{1\cdot 5}{2\cdot 9\cdot 81} \cdot \gamma \cdot F \cdot v^2 = 0,076 \cdot \gamma \cdot F \cdot v^2 \cdot = 0,076 \cdot \gamma \cdot a \cdot c \cdot v^2,$$

wenn a und c die Dimensionen der gestoßenen Fläche darstellen.

Was den **Widerstand** anbelangt, welchen ein Körper der Stoßkraft des Wassers entgegensetzt, so muss berücksichtigt werden, dass die Einwirkung des Wasserstoßes auf verschieden geartete Körper auch eine verschiedene sein wird, und dass sonach auch die Widerstände dem entsprechend andere sein werden. So werden beispielsweise eckige Steine mit rauher Oberfläche gewiss anders bewegt werden, als runde Steine mit glatter Oberfläche. Bei eckigen Steinen ist, eine ebene Flusssohle vorausgesetzt, der Widerstand gegen die Bewegung offenbar dann ein ganz anderer, wenn der Körper auf der Sohle fortgeschoben wird, im Gegensatze zu jenem Falle, wenn ihn die Strömung mit sich fortreißt. Bei unebener Flusssohle sind die Verhältnisse naturgemäß in Folge wechselnder Bewegung, Strömung des Wassers, in Folge der verschiedenen Lage der Steine und des Zusammenstoßens unter einander, in Folge Einflusses des hydrostatischen Druckes und des Entstehens von Seitenströmungen u. s. f. noch complicirter.

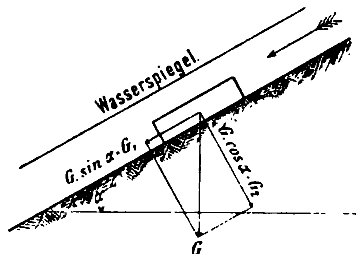


Fig. 4.

Um nun doch zu einem halbwegs richtigen und für die vorliegenden Betrachtungen brauchbaren Resultate zu kommen, wird die vereinfachte Annahme genügen, es ruhe der Stein lose auf der ebenen, unter dem Winkel α geneigten Bachsohle auf und werde ganz vom Wasser bespült.

Wird das in die zwei Componenten G_1 und G_2 getheilte Gewicht des Steines, Fig. 4, mit G bezeichnet, so ist der Ausdruck $G \cdot f \cdot \cos\alpha = G_2 \cdot f$ offenbar als der Widerstand W anzusehen, welchen der Stein dem Wasserstoße entgegensetzt, wobei f den Reibungscoefficienten auf der gedachten schiefen Ebene bedeutet. Werden die Dimensionen des Steines mit a, b und c bezeichnet, so ist die Größe G durch den Ausdruck $G = (d - \gamma)\, a \cdot b \cdot c$ gegeben, wenn d das specifische Gewicht des Steines bedeutet. Für den Widerstand W des Steines lässt sich sonach die Formel aufstellen:

7) $$W = (d - \gamma) \cdot a \cdot b \cdot c \cdot f \cdot \cos\alpha \cdot$$

Bei Entgegenhalt der beiden Formeln 6 und 7 und wenn die die

Bewegung fördernde, aber geringwerthige Componente $G_1 = G \sin \alpha$ vernachlässigt wird, ergibt sich die Folgerung, dass die Bewegung des Steines erst in dem Momente eintreten wird, wenn

$$0{,}076\ \gamma \cdot a \cdot c \cdot v^2 > (d - \gamma) \cdot a \cdot b \cdot c \cdot f \cdot \cos \alpha$$

ist. Hieraus folgt für die Bewegung des Geschiebes die allgemeine Bedingungsgleichung:

8) $$v > \sqrt{\frac{(d - \gamma) \cdot b \cdot f \cdot \cos \alpha}{0{,}076 \cdot \gamma}}$$

oder allgemein

9) $$v > \sqrt{\frac{\beta\,(d - \gamma) \cdot b \cdot f \cdot \cos \alpha}{\gamma}}$$

wobei β einen variablen Coefficienten vorstellt, welcher vornehmlich die Form des gestoßenen Körpers charakterisirt. Mit Rücksicht auf die in einem concreten Falle constanten Größen d, γ, f und α könnte man die obige Formel auch schreiben

$$v > k_0 \sqrt{b}\,.$$

Nach Leslie wäre diese Formel auch allgemein anwendbar und hätte man bloß für den Würfel $k_0 = 3 \cdot 23$, für runde Körper $k_0 = 4 \cdot 58$ zu setzen[122]).

Aus den Formeln 8 und 9 lassen sich zunächst die folgenden Schlüsse ziehen:

Je dichter und daher auch, gleiches Volumen vorausgesetzt, schwerer die Steine sind, insbesondere auf sonst geneigter Sohle und unter herrschenden größeren Reibungswiderständen, desto schwerer werden sie vom Wasser fortgeführt werden können. Steine, welche derart auf „die hohe Kante“ gestellt sind, dass ihre kleinste Dimension nach der Richtung der Längenachse des Baches zu liegen kommt, werden leichter bewegt als solche, welche mit ihrer größten Dimension in der Richtung dieser Achse liegen. Für die künstliche, freie Lagerung des Steines auf der Bachsohle wird es sonach, wenn es sich um Erschwerung der Fortbewegung handelt, am vortheilhaftesten sein, ihn derart zu legen, dass seine größte Dimension nach der Richtung der Bachlängsachse zu liegen kommt.

122) Nach Hopkins und Airy soll die bewegende Stoßkraft mit der sechsten Potenz der Wassergeschwindigkeit wachsen und bei verdoppelter Geschwindigkeit vier und sechzigmal schwereres Flussgeschiebe transportirt werden können.

Soll der Stein behufs Befestigung der Sohle in dieselbe eingebettet werden, so ist er jedenfalls derart auf „die hohe Kante" zu setzen, dass seine zweitgrößte Dimension die vorbemerkte Lage einnimmt.

Bei sphärischen Steinen würden, nachdem der Coefficient β bei Zugrundelegung der Beobachtungsresultate einen relativ größeren Werth annimmt, die Bewegung allerdings unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen nicht so leicht eintreten. Wird aber die außerordentliche Abnahme der Reibungswiderstände in Betracht gezogen — ein vollkommen sphärischer Stein ruht nahezu nur auf einem Punkte auf der Sohle auf — so erklärt sich die Thatsache, dass solche Steine leicht vom Wasser fortgeführt werden. Bei Steinen, welche oben oder unten zugeschärft sind, ist die Bewegung eine erschwerte. Steine, welche sich nach abwärts zu verbreitern, weisen eine kleinere gestoßene Fläche auf und sind daher weniger beweglich als solche, welche nach unten zu schmäler werden. Es mag noch erwähnt sein, dass das Geschiebe unter normalen Verhältnissen und entsprechend dem abgeleiteten Bewegungsgesetze im Bachbette derart zur Ablagerung gelangt, dass dessen Längsachse quer über das Bachbett zu liegen kommt, weil es in dem der Ablagerung unmittelbar vorhergegangenen Bewegungsmomente in dieser für die Bewegung günstigsten Weise transportirt wurde.

Dieses Lagerungsgesetz gestattet es mitunter, auf die Richtung der ehemaligen Strömungen im Diluvium schließen zu können. In der von Du Boys veröffentlichten, citirten Abhandlung wird für den Gleichgewichtszustand einer Kiesellage die Formel abgeleitet:

10) $$V < \frac{1}{n} \cdot \frac{1000\, H \cdot i}{(d-1)\tang \alpha},$$

in welcher V allgemein den Rauminhalt eines Kiesels von dem specifischen Gewicht d, n die Anzahl solcher Kiesel auf einem Quadratmeter des unauswaschbaren, wagrecht gedachten Bettes, und α jenen Winkel bedeuten, unter welchem im ruhigen Wasser das Flussbett eben noch geneigt sein dürfte, ohne dass die Kiesel zu gleiten oder zu rollen beginnen.

Bezeichnet $n \cdot V = e$ die mittlere Dicke der Kiesellage (die in den n-Kieseln enthaltene Steinmasse sei über eine Fläche von 1 m^2 gleichmässig vertheilt ausgebreitet und bilde eine Schichte von der Dicke e), so ist

11) $$e \leq \frac{1000 \cdot H \cdot i}{(d-1) \operatorname{tang} \alpha}.$$

Aus den Formeln 10 und 11, welche allerdings nur für eine wagrechte Bachsohle abgeleitet wurden, doch die gleichen Schlüsse für den die Geschiebebewegung begünstigenden Fall der Neigung zulassen, ist zu entnehmen, dass die Kiesel unter sonst gleichen Umständen um so leichter fortbewegt werden, je kleiner ihr Rauminhalt und je geringer ihre Anzahl auf dem Quadratmeter ist, d. h. je schütterer sie am Bachbette aufliegen; auch kann geschlossen werden, dass unabhängig von Gestalt und Größe der Kiesel die zur Bewegung erforderliche Schleppkraft der mittleren Dicke der Kiesellage proportional ist, d. h. je geringer die mittlere Lage der Kiesellage wird, desto leichter kann der Strom, gleichbleibende Schleppkraft vorausgesetzt, deren Bewegung veranlassen. Immerhin sind aber sehr flache, den Boden bedeckende Steine vom Wasser nicht so leicht in Bewegung zu setzen, weil sie dem letzteren eine mehr glatte Abflussfläche bieten, sowie es ja bekannt ist, dass es bei einem gegebenen Wasserlauf einer viel größeren Anschwellung bedarf, um auf glattem Grundbette die Bedingungen der Geschiebewanderung zu verwirklichen, als auf rauhen.

Von ganz außerordentlichem Einflusse auf die Bewegung des Steines ist, wie aus den Formeln 8 und 9 zu sehen, die Größe des specifischen Gewichtes γ der stoßenden Flüssigkeit. Seine Zunahme wirkt in zweifacher Weise, und zwar einerseits durch Verkleinerung des Zählers und anderseits durch Vergrößerung des Nenners auf die Bewegung fördernd ein. Werden unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen nur der Ausdruck $\sqrt{\frac{d-\gamma}{\gamma}}$ in Betracht und die Größe d mit 2000 kg, für einen Cubikmeter gemeint, in Rechnung gezogen, so wird, wenn der Flüssigkeit, dem reinen Wasser, das specifische Gewicht $\gamma = 1000$ kg zukommt, die Größe

$$\sqrt{\frac{d-\gamma}{\gamma}} = \sqrt{1 \cdot 0} = 1.$$

Steigt aber das specifische Gewicht des Wassers in Folge Belastung mit Schlamm oder Geschiebe z. B. auf den Wert 1200 kg, so wird der Ausdruck

$$\sqrt{\frac{d-\gamma}{\gamma}} = \sqrt{\frac{2}{3}} = \text{annähernd } 0 \cdot 8.$$

Nimmt γ den Werth 1600 kg an, so ist der Ausdruck

$$\sqrt{\frac{d-\gamma}{\gamma}} = 0{\cdot}5$$

zu setzen.

Wenn sich der Wasserlauf im Zustande der Mure befindet, deren specifisches Gewicht 1800 kg erreichen kann, so sinkt der Wurzelausdruck auf $^1/_3$ des Betrages für reine Wasserführung.

Die vorstehenden Ziffern lassen die große Beweglichkeit der Steine in jenem Falle erkennen, in welchem sie sich in einer specifisch schwereren Flüssigkeit bewegen. Hieraus erklärt sich auch die Thatsache, dass im Falle eines Murganges, wenn das Wasser in Folge der Verunreinigung eine breiartige Consistenz mit höherem specifischen Gewicht angenommen hat, außerordentlich große und schwere Steinblöcke, ja oft häusergroße Felstrümmer mit Leichtigkeit weitab thalwärts geführt werden. Dabei ist auch noch zu berücksichtigen, dass infolge des außerordentlichen Gewichtsverlustes die Geschiebe mehr schwebend erhalten werden und hiemit im Zusammenhange der Reibungscoefficient f an der Sohle einen sehr geringen Werth anzunehmen vermag.

Der Ausdruck in Formel 9 lässt erkennen, dass das specifische Gewicht des Steines auf dessen Fortbewegung einen wesentlichen Einfluss insofern ausübt, als im allgemeinen specifisch schwerere Steine, sonst gleiche Verhältnisse vorausgesetzt, schwerer vom Wasser fortgeführt werden, als specifisch leichtere.

Kreuter [123]) hat bezüglich des Gleichgewichtszustandes zweier Würfel verschiedener Gesteinsart unter Wasser, von den specifischen Gewichten d_2 und d_1, die Formeln abgeleitet:

12) $$\frac{a_1}{a_2} = \frac{d_2 - 1}{d_1 - 1}$$

und

13) $$\frac{G_1}{G_2} = \left(\frac{d_2 - 1}{d_1 - 1}\right)^3 \cdot \frac{d_1}{d_2},$$

wobei G_1 und G_2 die Gewichte der Steinwürfel von den Seitenlängen a_1 und a_2 und den specifischen Gewichten d_1 und d_2 bedeuten.

---

123) „Ueber den Einfluss des specifischen Gewichtes auf die Verwendbarkeit von Gestein beim Wasserbau." Schweizerische Bauzeitung 1900, von Franz Kreuter. Vide auch Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften, dritter Band, „Der Wasserbau". 1. Hälfte, 2. Lieferung, Seite 225. Leipzig 1897.

Ist $d_1 > d_2$, so ist

$$\frac{d_2 - 1}{d_1 - 1} < 1$$

und folglich auch

$$\left(\frac{d_2 - 1}{d_1 - 1}\right)^3 \frac{d_1}{d_2} < 1$$

und

$$\frac{G_1}{G_2} < 1 \text{ oder } G_1 < G_2.$$

Diese Bedingungsgleichung lehrt, dass in jenem Falle, in welchem bei Zutreffen der Gleichung 12 zu Gestein von größerem specifischen Gewicht d_1 gegriffen wird, dieses selbst dann schwerer vom Wasser fortgeführt wird, als Gestein von dem geringeren specifischen Gewichte d_2, wenn es nicht nur räumlich kleiner, sondern auch absolut leichter sein sollte.

Vorausgesetzt ist dabei eine ungefähre geometrische Aehnlichkeit der beiden Gesteinsstücke. Dieses immerhin merkwürdige Gesetz lässt sich auch aus Formel 9 ableiten. Zwei Steine von ähnlicher Form, von gleicher gestoßener Fläche, jedoch von verschiedenen specifischen Gewichten d_1 und d_2 und verschiedenen Dimensionen b_1 und b_2 bleiben unter sonst gleichen Verhältnissen vom Wasser unbewegt, wenn die Gleichheit besteht:

$$\sqrt{\frac{(d_1 - 1000)\,\beta \cdot b_1\, f \cdot \cos\alpha}{1000}} = \sqrt{\frac{(d_2 - 1000)\,\beta \cdot b_2\, f \cdot \cos\alpha}{1000}}$$

oder wenn

$$(d_1 - 1000)\, b_1 = (d_2 - 1000)\, b_2,$$

bezw. wenn

14) $$\frac{b_1}{b_2} = \frac{d_2 - 1000}{d_1 - 1000}$$

werden. Das ist ein dem Ausdruck nach Kreuter ganz ähnlicher.

Hiebei ist angenommen, dass sich die Größen $\beta \cdot f$ und $\cos\alpha$ nicht ändern, was allerdings bezüglich β nicht sicher zutrifft, weil die Negativpression von den Längen des Steines insofern abhängig ist, als, wie an geeigneter Stelle bemerkt, die Gesammtwirkung des Stoßes mit der Länge des Steines abnimmt.

Wird, wie es Kreuter gethan, die Würfelform zu Grunde gelegt, so ergeben sich für die Rauminhalte V die Ausdrücke

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{b_1^{\,3}}{b_2^{\,3}} = \left(\frac{d_2 - 1000}{d_1 - 1000}\right)^3$$

und die Gewichte G eingesetzt folgt

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{V_1\, d_1}{V_2\, d_2}$$

oder

$$\frac{G_1}{G_2} = \left(\frac{d_2 - 1000}{d_1 - 1000}\right)^3 \cdot \frac{d_1}{d_2}.$$

Als Beispiel gibt Kreuter an: Man habe die Wahl zwischen Granit $d_1 = 2800$ und Kalk $d_2 = 2400$ kg pro 1 m³ Gestein gemeint, dann ist

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{1 \cdot 4}{1 \cdot 8}\right)^3 = 0 \cdot 47 \cdot$$

und

$$\frac{G_1}{G_2} = \left(\frac{1 \cdot 4}{1 \cdot 8}\right)^3 \cdot \frac{2 \cdot 8}{2 \cdot 4} = 0 \cdot 55,$$

d. h. verwendet man zu einem losen Steinwurfe statt des Kalksteines Granit, so brauchen die Granitsteine nur 47 Proc. des Rauminhaltes, aber auch nur 55 Proc. des Gewichtes des dem gleichen Zwecke entsprechenden Kalksteins zu haben.

Das ist ein Umstand, welcher im Hinblick auf Transport und Handhabung des Steines sehr zu beachten ist.

Nach diesem Gesetze vollzieht sich zuweilen eine Sonderung der Geschiebe derart, dass die kleinen, aber specifisch schwereren Steine an Stellen liegen, wo eine größere Schleppkraft herrscht als dort, wo größere, aber specifisch leichtere Steine von gleicher Gestalt zur Ruhe kommen.

Auf die Formel 9 angewendet, lässt sich behaupten, daß insolange die Bedingungsgleichung:

$$\frac{d_1 - 1000}{1000} \cdot b_1 \geqq \frac{d_2 - 1000}{1000} \cdot b_2$$

$$\text{bez. } b_1 \geqq \frac{d_2 - 1000}{d_1 - 1000} \cdot b_2$$

zutrifft, Steine von verschiedenen specifischen Gewichten und verschiedenen Dimensionen b, ganz abgesehen von der Größe ihres absoluten Gewichtes, das Gleichbleiben der Schleppkraft des Wassers vorausgesetzt, in Ruhe bleiben.

Als Beispiel diene:

Die obere Bedingungsgleichung ist für die beiden specifischen Gewichte $d_1 = 2800$ (Granit) und $d_2 = 2400$ (Kalk) erfüllt, insolange $b_1 \gtrless {}^7/_9\, b_2$ ist.

Ist $b_1 = {}^7/_9\, b_2$, so bleiben beide Steine, Granit und Kalk, in Ruhe, obzwar das Verhältniss des Granit- zu dem Kalkvolumen, gleiche gestoßene Fläche vorausgesetzt, sich wie 7:9 stellt, und das Verhältniss der beiden absoluten Gewichte 21·7:24 beträgt, der gedachte Granitstein also absolut leichter als der mit ihm verglichene Kalkstein ist.

Ist $b_1 >$ als ${}^7/_9\, b_2$, so wird der Granit, dessen absolutes Gewicht zunimmt, noch sicherer in Ruhe bleiben. Sinkt der Wert von b_1 unter den Wert ${}^7/_9\, b_2$, dann ist die Bedingungsgleichung $b_1 > {}^7/_9\, b_2$ nicht mehr erfüllt, und es wird das specifisch schwerere, aber schon zu kleine und absolut schon zu leichte Granitstück leichter als das mit ihm verglichene Kalkstück fortgeführt werden.

Die Untersuchung der Bedingungen, unter welchen sich das Geschiebe fortbewegt, wird naturgemäß wesentlich complicirter, wenn der Stein nicht mehr als auf der Bachsohle lose aufliegend, sondern vielmehr als in dieselbe eingebettet angenommen wird. Dieser Untersuchung, welche zur Aufstellung der Gesetze der Erosion führen müsste, stellen sich außerordentliche Schwierigkeiten entgegen. Es ist aber trotzdem möglich, auf die folgende Weise die Gesetzmäßigkeit der Erosionsthätigkeit und hiemit auch die besonders wichtige Gesetzmäßigkeit der Sohlenveränderung wenigstens annähernd zu erforschen.

Die Grenzgeschwindigkeit des Wassers und dessen Sättigung mit Geschiebe.

Aus den abgeleiteten Formeln 8 und 9 ist ersichtlich, dass es unter gewissen Gefälls- und Reibungsverhältnissen, dann für jede Geschiebsart, was ihre Dichte, Größe und Form anbelangt, eine gewisse mittlere Geschwindigkeit v im Profile geben muss, bei deren Vorhandensein selbst das auf der Bachsohle aufliegende Geschiebe gerade noch in Ruhe verbleibt, welche Geschwindigkeit sonach als die Grenzgeschwindigkeit für die Bewegung des Geschiebes bezeichnet werden kann.

Der Werth dieser mittleren Geschwindigkeit und zugleich Grenzgeschwindigkeit lässt sich aus der Gleichung:

$$15)\qquad v = \sqrt{\frac{\beta \cdot (d - \gamma) \cdot f \cdot b \cdot \cos \alpha}{\gamma}}$$

ermitteln.

Wenn infolge irgend welcher Processe, z. B. infolge von Terrainbrüchen, Bergstürzen u. s. f., Material in das Rinnsal des Baches gelangt, so werden die erdigen Theile vom Wasser aufgelöst, schwebend erhalten und nehmen annähernd die Geschwindigkeit desselben an.

Gewisses, specifisch gleich schwer angenommenes Geschiebe, welchem ein Grenzgeschwindigkeitswerth entspricht, welcher größer ist als der Werth der mittleren Wassergeschwindigkeit im gegebenen Falle, bleibt unbewegt auf der Bachsohle liegen, während das Geschiebe mit kleineren Grenzgeschwindigkeitswerthen, also das leichtere, kleinere, vom Wasser fortgerissen wird und, wenn man von dem Einflusse der Form absieht, in eine um so schnellere Bewegung geräth, je leichter und je kleiner es ist, wobei aber zu beachten kommt, dass sich alles Geschiebe langsamer als das Wasser bewegt. Bei einer gewissen Wassergeschwindigkeit scheiden sich sonach die Sinkstoffe, der Detritus, in solche, welche liegen bleiben, und in solche, welche fortbewegt werden; letztere wieder je nach ihrem Gewicht, ihrer Größe und wohl auch ihrer Form. Bei jedem Wechsel in der Geschwindigkeit tritt sonach entweder eine entsprechende Sinkstoffvermehrung oder Verminderung ein; immer aber ist im Verlaufe der Bewegung eine gewisse Materialsortirung, und zwar derart zu bemerken, dass in einer betrachteten Bachstrecke das kleinste und leichteste Material mehr oberflächlich in der Strömung vorauseilend, das gröbere minder rasch und sich mehr an der Sohle bewegend, das gröbste und schwerste, vom Wasser vielleicht nicht mehr bewegte Material im obersten Theile und auf der Sohle aufruhend zu finden wären. Hiebei ist nicht ausgeschlossen, dass in den zwischen den größeren Steinen sich bildenden Zwischenräumen auch kleineres Material fortgeführt, von dem größeren mit fortgerissen werden kann. Aus dieser skizzirten Scheidung des Materiales lässt sich übrigens auch die Thatsache erklären, dass die großen Steinblöcke in der Regel, und zwar deshalb mehr abgeschliffen sind, weil sie sich einerseits nahe oder selbst unmittelbar auf der Sohle bewegen und anderseits auch durch die ihnen voraneilenden, sie überholenden kleineren Steine noch

mehr abgenützt werden. Dagegen bewahrt das kleinere, sich mehr einzeln und in der Strömung bewegende Geschiebe eher seine ursprüngliche kantige und eckige Form, obwohl auch dieses bei länger andauerndem Transporte eine Verkleinerung erfahren muss.

Diese vorbeschriebene materialsortirende Wasserthätigkeit, welche sich sonach selbst bei unveränderlich bleibender Geschwindigkeit stets dadurch bemerkbar macht, dass das kleinere Material vor dem größeren thalabwärts getrieben wird und zur Voraussetzung hat, es hindere sich das transportirte Geschiebe im Verlaufe des Transportes durch eventuelle Berührung gegenseitig in der Bewegung wesentlich nicht, wird als die Materialausscheidung oder der Einzelntransport bezeichnet. Im Großen vollzieht sich dieser Process des Geschiebetransportes, beginnend hoch oben im Gebirge und sich in die Thalläufe fortsetzend, allenthalben und bis an die Gestade der Meere. So gibt beispielsweise Domaszewsky[48]) an, dass die Donau das gröbere, faustgroße Material bloß bis Pressburg, den leichteren Schotter bis Ofen-Pest, bloßen Sand bis Widdin, und endlich den Schlamm bis zur Mündung in das Schwarze Meer zu tragen vermag.

Naturgemäß bleibt das transportirte Geschiebe nur insolange in Bewegung, insolange die mittlere Wassergeschwindigkeit das Maß der Grenzgeschwindigkeit übersteigt. Nimmt die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in einem Querprofile aus irgend einem Grunde, z. B. in Folge der Zunahme der Bewegungshindernisse ab, so wird vielleicht für einen Theil des Geschiebes, und zwar für das zunächst größte und schwerste, die Bedingung für die Bewegung nicht mehr bestehen und es muss zur Ruhe gelangen.

In Verfolgung einer solchen successiven Geschwindigkeitsabnahme ergäbe sich eine derart geformte Materialablagerung, dass das größte Geschiebe oben, das kleinste aber unten zu liegen käme.

Die vorstehenden Betrachtungen führen in weiterer Verfolgung zu dem Begriffe „der Sättigung des Wassers mit Geschiebe“.

Wenn in einem Rinnsale die mittlere Geschwindigkeit des Wassers den Werth jener Grenzgeschwindigkeit übersteigt, welche dem im Rinnsale angehäuften Geschiebe entspricht, so kann ein Theil des Geschiebes in um so raschere Bewegung gerathen, je größer die Differenz zwischen der mittleren Geschwindigkeit des

Wassers und der gemeinten Grenzgeschwindigkeit ist. Nachdem jedoch mit der eintretenden Belastung des Wassers mit Geschiebe eine Abnahme der mittleren Wassergeschwindigkeit nach Formel 3 verbunden sein muss, so wird diese Belastung über eine gewisse Grenze hinaus nicht stattfinden können, d. h. das Wasser wird nur insolange Geschiebe von gewisser Größe zu heben im Stande sein, insolange seine mittlere Geschwindigkeit nicht auf den Werth der Grenzgeschwindigkeit herabgesunken ist.

In dem Momente, in welchem die beiden Geschwindigkeitswerthe einander gleich geworden sind, in diesem Momente kann eine weitere Materialentnahme und Materialfortführung nicht mehr stattfinden, das Wasser hat seinen Sättigungsgrad erreicht.

An einem einfachen Beispiele lässt sich das Vorgesetzte erläutern:

In einem Rinnsale sei die mittlere Geschwindigkeit des Wassers mit 9,75 m per Sekunde gegeben, dagegen sei die Grenzgeschwindigkeit für das im Bachbette vorhandene gleichartige Geschiebe nach Formel 15 mit 4 m anzunehmen. Der Sättigungsgrad ist dann erreicht, wenn in Folge der fortschreitenden Belastung des Wassers mit Geschiebe, welche Belastung im Hinblick auf die Differenz der beiden Geschwindigkeitswerthe, die Möglichkeit der Geschiebeentnahme vorausgesetzt, eintreten muss, diese beiden Werthe einander gleich geworden sind. Aus Formel 3 ergibt sich sonach die Gleichung:

$$4 = 9{,}75 \frac{1000}{1000 + \alpha\,(d - 1000)}.$$

Wird für d der Werth 2400 angenommen, so wird

$$4 = 9{,}75 \frac{1000}{1000 + \alpha \cdot 1400}$$

oder

$$\alpha = \frac{5750}{5600}$$

oder

annähernd $\alpha = 1$, d. h.

im gegebenen Falle tritt der Sättigungsgrad dann ein, wenn der Bachsohle durch das Wasser Material von dem Volumen entnommen wurde, welches annähernd gleich jenem Wasservolumen ist, welches bei reiner Wasserführung das betrachtete Querprofil in einer Sekunde passirt.

Aus den von Du Boys aufgestellten Formeln lässt sich bezüglich der in Bewegung befindlichen Schichten des Geschiebes schließen, dass die Bewegung einer einzigen Geschiebelage von der Dicke *e* sehr langsam erfolgen wird im Vergleiche zu jenem Falle, wenn mehrere dünne Lagen von der Gesammtdicke *e* vorhanden sind. Die Bewegung der oberen Lagen wird rasch vor sich gehen und somit die Abfuhr sehr beträchtlich werden können.

Es erklärt sich dies auch aus der Betrachtung der Grenzgeschwindigkeit insofern, als eine Geschiebeschichte, welche sich aus derart großen Steinen gleichmäßig zusammensetzt, deren Grenzgeschwindigkeitswerth annähernd gleich oder vielleicht selbst größer ist, als jener der concreten Wassergeschwindigkeit nur zum Theile und langsam, im letzteren Falle überhaupt gar nicht in Bewegung gesetzt werden kann. In einzelne Schichten getheilt, deren jede kleineres Geschiebe aufweist, wird deren Beweglichkeit eine größere sein. Die letztere nimmt aber gegen die Tiefe hin ab, weil mit der Belastung des Wassers durch die Inbewegungsetzung der oberen Schichten, dessen mittlere Geschwindigkeit abnehmen muss.

Die Gesetze der Sohlenerosion und die natürliche Entwickelung des Längenprofiles.

Die vorstehenden Betrachtungen hatten immer zur Voraussetzung, es sei das Geschiebe lose auf der Bachsohle aufliegend. Schon früher wurde bemerkt, es sei außerordentlich schwer für die Totalität der Erosionserscheinung, welche ja zum überwiegend größten Theile in der Entnahme eingebetteten Materiales besteht, Gesetze in analytischer Form aufzustellen. Nichtsdestoweniger lassen sich auf Grund der Erörterungen über die Grenzgeschwindigkeit des Wassers und über die Sättigung desselben mit Geschiebe folgende, zunächst ganz allgemein gehaltene Erosionsgesetze aufstellen und bis zu einem gewissen Grade auch mathematisch begründen:

1. Wenn die vornehmlich von der mittleren Geschwindigkeit des Wassers abhängige Stoßkraft desselben, Formel 5, die Widerstandskraft der Bachsohle überwiegt, so muss sich die Erosionsthätigkeit bemerkbar machen.

2. Jeder vermehrte Materialtransport vermindert unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen die mittlere Geschwindigkeit des

Wassers, Formel 3, also auch dessen Stoßkraft und demzufolge auch die Fähigkeit zur Erosion, es wäre denn, dass in einzelnen Fällen das an der Sohle sich fortwälzende Geschiebe die Erosionsthätigkeit des Wassers begünstigt.

Unter sonst gleichen Verhältnissen wird sonach das reine, klare Wasser mehr zu erodiren im Stande sein, als das bis zu einem gewissen Grade mit Material belastete.

3. Sobald in Folge der mit der erodirenden Thätigkeit des Wassers verbundenen successiven Belastung mit Material der Werth der mittleren Wassergeschwindigkeit auf den Werth der dem vorhandenen Geschiebe entsprechenden Grenzgeschwindigkeit herabgesunken ist, Formel 15, vermag, das Gleichbleiben der sonstigen Verhältnisse vorausgesetzt, das Wasser nicht mehr zu erodiren, denn es bedarf dann seiner vollen Stoßkraft, um das einmal gehobene Geschiebe fortzubewegen. In diesem Zustande ist zwischen der Stoßkraft des Wassers und dem Widerstande der Bachsohle ein gewisser, die Unverletzbarkeit dieser letzteren garantierender Gleichgewichtszustand eingetreten.

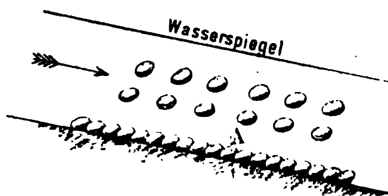


Fig. 5.

4. Dieser Gleichgewichtszustand kommt in einer gewissen, näher zu untersuchenden Regelmäßigkeit der Form des Längenprofiles zum Ausdrucke. Dieser letztere Satz bedarf der besondern Begründung:

Wenn das Wasser mit einer dem vorhandenen Geschiebe gerade entsprechenden Grenzgeschwindigkeit in einem betrachteten Punkte A, Fig. 5, des gleichmäßig verlaufenden Rinnsales, bis zu einem gewissen Grade mit Materiale belastet, ankommt, und alle Verhältnisse im Rinnsale unverändert bleiben, so wird in diesem Punkte und unterhalb desselben weder eine Materialablagerung, noch eine Materialentnahme eintreten, die Form des Längenprofiles wird keinerlei Aenderung erfahren. Diese Unveränderlichkeit der Form kann auch noch dann gewahrt bleiben, wenn sich die Bachsohle abwärts dieses Punktes, bei sonst unveränderten Verhältnissen, aus kleinerem, specifisch gleich schweren Materiale, aus mehreren Kiesellagen zusammensetzen sollte, Fig. 6 u. 7, Seite 181. Der Werth der mittleren Geschwindigkeit des Wassers würde dann den dem

kleineren Geschiebe entsprechenden Grenzgeschwindigkeitswerth übersteigen und dieses letztere könnte in Bewegung gesetzt werden. Gleichzeitig müsste aber in Folge der erhöhten Belastung eine Verminderung der mittleren Geschwindigkeit eintreten und das Wasser wäre nicht mehr im Stande, alles bis *A* transportirte größere Geschiebe weiter fortzuführen. An Stelle des abwärts von *A* gehobenen kleineren Geschiebes müsste ein Theil des bis *A* gebrachten gröberen deponirt werden, Fig. 7. Es fände sonach unterhalb *A* zwar ein gewisser Materialaustausch statt, die Form des Längenprofiles hätte sich aber trotzdem sichtlich nicht geändert.

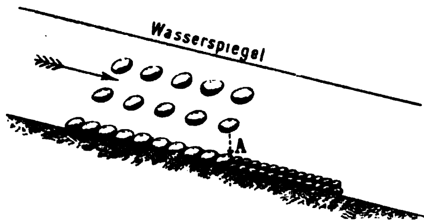


Fig. 6.

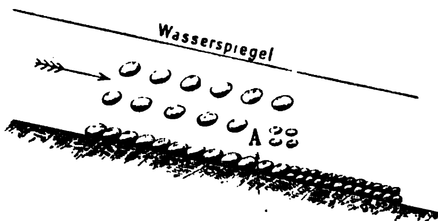


Fig. 7.

Jener Gefällswerth nun, welcher unter den obwaltenden concreten Verhältnissen die ungehinderte Abfuhr der Geschiebsmassen bei gleichzeitiger Unveränderlichkeit, sonach auch bis zu einem gewissen Grade Unverletzbarkeit der Sohle garantirt, wird als das sogenannte natürliche Gefälle oder auch nach Breton[124]) als „Ausgleichsprofil", „profil de compensation", nach Surell[10]) als die „Gefällsgrenze", „pente-limite" bezeichnet. Es ist einleuchtend, dass auch dem reinen Wasser ein Gefällswerth entsprechen muss, bei dessen Vorhandensein die Bachsohle unverletzbar und vor jeder weiteren Erosion gefeit ist, und weil in einem solch gedachten Falle die Stoßkraft des Wassers größer ist, als im Falle der Geschiebebelastung, so muß offenbar der Werth des der Thätigkeit des reinen Wassers entsprechenden natürlichen Gefälles ein entsprechend kleinerer sein, d. h. der Ueberschuss an Stoßkraft muss durch die Abnahme des Gefälles paralysirt werden. Das natürliche Gefälle, welches der Thätigkeit des reinen Wassers ent-

124) „Mémoire sur les Barrages de retenue des Graviers dans les gorges des torrents"; von Philippe Breton. Paris 1867.

spricht, stellt also offenbar einen Minimalwerth dar, und wurde von Breton als das sogenannte „Gleichgewichtsprofil“, „profil d'équilibre“ bezeichnet. Während im Falle des Vorhandenseins des Ausgleichs-, oder Compensationsprofiles immerhin ein in Fig. 7 ersichtlich gemachter Materialaustausch eintreten könnte, ist dies beim Gleichgewichtsprofile, nachdem keine Materialführung stattfindet, nicht mehr möglich; beide Profile garantiren die Unverletzbarkeit der Sohle unter den concreten Verhältnissen.

Wird die Frage nach der Form des Ausgleichs-, beziehungsweise des Gleichgewichtsprofiles aufgeworfen, so könnte für relativ kurze Bachstrecken immerhin die gerade aufsteigende Linie als für den Verlauf der Profile charakteristisch angenommen werden. Für längere Strecken könnte diese Annahme, wie aus dem Folgenden zu schließen ist, und wie später analytisch bewiesen werden soll, nicht mehr genügen. Unzweifelhaft nimmt im allgemeinen die Wassermenge vom Ursprunge der Gewässer nach abwärts hin zu und es bedarf daher, nachdem Wassermasse und Gefälle eine gewisse Arbeit, bewegende Kraft, darstellen, eines nach abwärts abnehmenden Gefälles, um unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen die Unverletzbarkeit der Sohle auf der ganzen Strecke zu garantiren. Es kann hieraus schon auf die Concavität des Ausgleichprofiles geschlossen werden. Die Concavität erhellt übrigens auch aus der infolge des natürlichen Processes der Materialausscheidung stattfindenden Sortierung, wonach die Größe des abgelagerten Geschiebes thaleinwärts zu-, thalabwärts abnimmt. In allen jenen Fällen sonach, in welchen sich ein gegen den Thalboden senkendes concaves Längenprofil constatiren lässt, — hiebei wird von der Krümmung der Erdoberfläche ganz abzusehen sein —, kann von der natürlichen Thätigkeit des Wassers, beziehungsweise von der natürlichen, normalen Entwickelung des Längenprofiles die Rede sein.

Die so gedachte Continuität des Längenprofiles — die nur sehr wenig gekrümmte Gefällscurve kann als Parabel oder als Cykloide angesehen werden, präcise Gesetze über den Curvenverlauf lassen sich heute nicht aufstellen — setzt aber constante Abflussverhältnisse und constante Verhältnisse in den einzelnen Querprofilen der betrachteten Strecke voraus, so dass, insbesondere in den Wildbächen, bei den obwaltenden sehr wechselvollen Verhältnissen, von der vorbeschriebenen Continuität des Längenprofiles nicht die Rede sein kann.

Wenn in einem Rinnsale das mit Geschiebe gesättigte Wasser, beispielsweise im Punkte *A*, Fig. 8 u. 9, ankommt, und wenn sich infolge irgend welcher Verhältnisse, z. B. infolge Verbreiterung

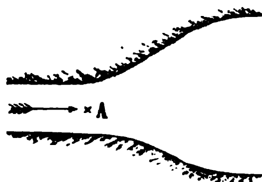


Fig. 8.

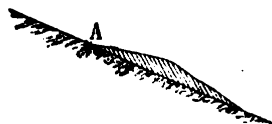


Fig. 9.

des Querprofiles, die Wassergeschwindigkeit im Profile vermindert, so wird das Wasser nicht mehr im Stande sein, alles Geschiebe von *A* abwärts zu transportiren, es wird einen Theil des Materiales, und zwar das größte und schwerste, deponiren. Die Masse des von *A* nach abwärts geführten Materiales wird nun im Vergleiche zu der bis *A* transportirten eine entsprechend kleinere sein. Das Verhältniss stellt sich entgegengesetzt, wenn die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in einem gewissen Punkte *A*, Fig. 10 u. 11, sei es in Folge der Profilsverengung, sei es in Folge der Zunahme der Wassertiefe bei Aufnahme eines Seitenzuflusses u. s. w., zunimmt, denn die Stoßkraft der Wassermasse wird eine größere und die Neubelastung derselben als Folge der Erosionsthätigkeit

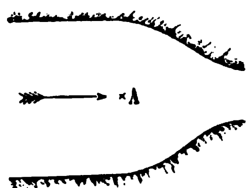


Fig. 10.



Fig. 11.

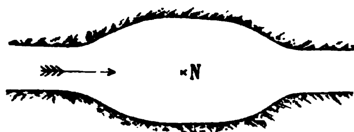


Fig. 12.

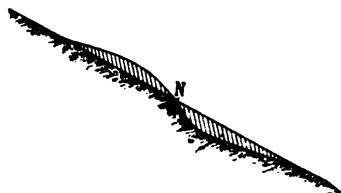


Fig. 13.

ist zu gewärtigen. Die Masse des von *A* nach abwärts geführten Geschiebes ist jetzt größer als jene des bis *A* transportirten.

Es ist sonach zu ersehen, dass ein Bach sein Längenprofil,

sei es durch Ablagerung, sei es durch Abtrag steiler oder flacher gestalten kann. Sind Auf- und Abtrag im Zusammenhange, Fig. 12 u. 13, Seite 184, so ist offenbar das Vorhandensein eines neutralen, dem ursprünglichen, als auch dem neuentwickelten Längenprofile ange-

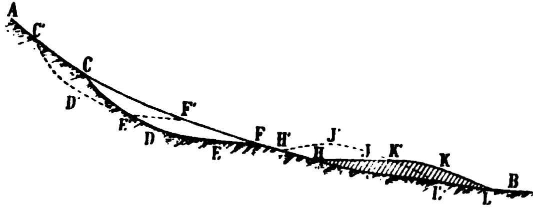


Fig. 14.

hörigen Punktes *N* anzunehmen. Bedeutet in Fig. 14 *AB* das den bestehenden Verhältnissen im Wildbache entsprechende Ausgleichsgefälle, und sei *CDEF* die auf einer längeren Bachstrecke thatsächlich vorhandene Gefällslinie, so ist leicht zu sehen, dass im stärkeren Gefälle *CD* eine Erosion, im schwächeren Gefälle *EF* aber eine Ablagerung eintreten wird, und dass die sehr kurz gedachte, zur Ausgleichsgefällslinie vielleicht parallele Strecke *DE* als neutral anzusehen ist. Die Vertiefung *CDEF* rückt so langsam bei steter Abnahme der Tiefe und Zunahme der Länge von unten hinauf zu gegen *C'D'E'F'* vor, und hat *F'* den Punkt *C* passirt, so ist das Ausgleichsgefälle auf der Linie *CF* hergestellt. Im weiteren Verlaufe wird die Vertiefung successive ganz verschwinden.

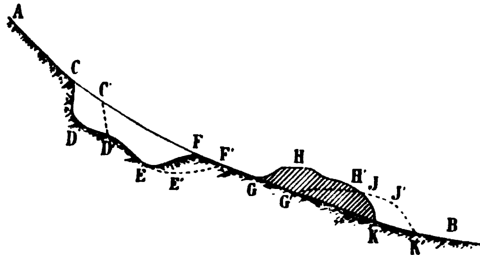


Fig. 15.

In ganz ähnlicher Weise lässt sich das langsame Hinaufrücken der Erhebung *HIKL* und infolge der allmählichen Abnahme der Höhe und Zunahme der Länge der Erhebung, das vollständige Verschwinden derselben, und Uebergehen in das natürliche Gefälle erklären.

Sind aber die Bachstrecken *CF* und *HK*, Fig. 15, nicht lang

genug, damit sich die den jeweiligen, herrschenden Gefällen entsprechende Wassergeschwindigkeit wie in den vorbeschriebenen Fällen entwickeln kann, so rücken Vertiefung und Erhebung successive nach **abwärts** vor.

In einem solchen Falle stürzt das Wasser bei *CD* plötzlich in die lochartige Vertiefung *CDEF* und beginnt an der Sohle derselben gegen *EF'* hin zu wühlen. Das von *AC* herabgebrachte Geschiebe lagert sich allmählich bei *CDC'D'* ab, wohingegen die untere Patie *EFE'F'* der wühlenden Wirkung des mehr geschiebefreien Wassers nicht Stand zu halten vermag. Es bildet sich unterhalb *F* ein Uebergangsgefälle *E'F'*. Hat die nach abwärts vorschreitende Böschung *C'D'* das Ende der Grube erreicht, so ist die Vertiefung *CDEF* fast gänzlich verschwunden, die Sohle

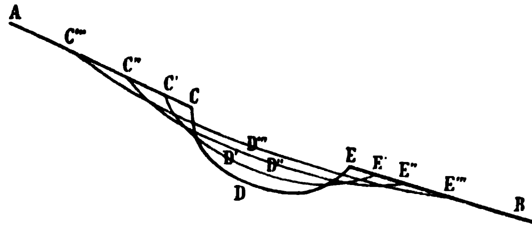


Fig. 16.

unterhalb *F* aber im langsamen Uebergange zum Ausgleichsgefälle vertieft.

Auf ähnliche Weise lässt sich das Abwärtsschreiten des Hügels *GHIK*, Fig. 15, erklären. Durch den Anprall der Wässer bei *GH* wird Material gehoben und dieses wieder in mehr ruhigem Wasser unterhalb *IK* deponirt. Im Vorwärtsschreiten tritt bei gleichzeitiger Verlängerung eine Erniedrigung des Hügels ein. Langsam erfolgt sonach auch hier in beiden Fällen, sowie bei dem Vorhandensein von Gefällsungleichheiten auf längeren Strecken, der Uebergang in das Ausgleichsgefälle.

Nachdem sich sonach die auf längeren Strecken vorhandenen Abweichungen vom Ausgleichsgefälle nach aufwärts, dagegen die auf kurzen Strecken vorhandenen nach abwärts bewegen, so muss es eine mittlere Grenze geben, bei welcher keinerlei Bewegung eintritt, d. h. bei welcher sich die Ungleichheit auf der Stelle auszugleichen sucht, was nur durch successive Verlängerung, Fig 16, erklärt werden kann.

Diese letzteren Verhältnisse wurden nur hervorgehoben, um die Tendenz des Wassers, das natürliche Gefälle, dessen Entwickelung durch irgend welche Verhältnisse gestört wurde wieder allmählich herzustellen, noch besser ersichtlich zu machen.

Je wechselvoller die Verhältnisse im Bachlaufe sind, desto unregelmäßiger wird, wie dem Vorstehenden zu entnehmen, die Gestaltung des Längenprofiles sein müssen, so zwar, dass insbesondere in Wildbächen von einer continuirlich verlaufenden Gefällscurve, deren Regelmäßigkeit übrigens nicht selten durch feste, die Sohlenvertiefung hindernde Umstände, durch das Vorhandensein von Felsbändern, Wehranlagen u. s. w. gestört wird, nicht die Rede sein kann.

Im Hinblick auf die Möglichkeit der Verhinderung der Sohlenerosion, der Schaffung einer eventuell nicht weiter zu versichernden, natürlich verlaufenden Sohlenlinie in corrigirten Gerinnen, ist es von hohem Interesse, das den jeweiligen concreten Verhältnissen entsprechende Ausgleichsgefälle wenigstens annähernd beurtheilen zu können. Wenn sich auch die diesbezüglichen Untersuchungen, vielmehr aber noch die theoretischen Berechnungen, im Hinblick auf die vielfach in Rechnung zu ziehenden, unsicheren Factoren nicht auf eine ganz verlässliche Basis stützen können, so lassen sich doch für die allgemeine Beurtheilung des jeweiligen natürlichen Gefällswerthes bis zu einem gewissen Grade genügende Daten gewinnen.

Wie aus den Betrachtungen über die Sättigung des Wassers mit Geschiebe hervorgeht, erscheint die Unverletzbarkeit der Sohle in einem gewissen Punkte des Rinnsales dann garantirt, wenn in dem hiezu gehörigen Querprofile für die mittlere Wassergeschwindigkeit die Formel

$$v = \sqrt{\frac{\beta \cdot (d-\gamma) \cdot f \cdot b \cdot \cos\alpha}{\gamma}}$$

zutrifft.

Nachdem aber in dem angenommenen Querprofile auch die allgemeine Gleichung für die mittlere Geschwindigkeit des Wassers $v = c\sqrt{R \cdot J}$ bestehen muss und für J der Sinus des Neigungswinkel α gesetzt werden kann, vide die Ableitung der Formel 2, so ergibt sich

$$\sqrt{R \sin\alpha} = \sqrt{\frac{\beta (d-\gamma) f \cdot b \cdot \cos\alpha}{\gamma}}$$

oder

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{\beta \cdot (d - \gamma) \cdot f \cdot b}{\gamma \cdot c^2 \cdot R}$$

Wird für das Product $\beta \cdot f$ ein Coefficient σ eingeführt, so lässt sich obige Formel auch schreiben:

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{d - \gamma}{\gamma} \cdot \frac{b}{c^2 R} \cdot \sigma$$

Thiéry hat in dem Werke: „Restauration des Montagnes, Correction des torrents, reboisement“ [29]), an dessen ausgezeichnete Ausführungen sich die vorstehenden und die folgenden Betrachtungen vielfach anlehnen, für das Product $100 \cdot \frac{\sigma}{\gamma}$ bei Annahme von $\beta = \frac{1}{0.076}$, vide Formel 8, $\gamma = 1000$ und $f = 0.76$, den Werth 1 gesetzt und kam so für die tang α zu dem vereinfachten Ausdrucke

16) $$\operatorname{tang} \alpha = \frac{d - 1000}{100} \cdot \frac{b}{c^2 R}.$$

Nachdem der hydraulische Radius R auch durch das Product $m \cdot H$ ausgedrückt werden kann, [125]) wobei m einen vom Hoch-

---

125) Bei Annahme des Querprofiles von der Form des Dreiecks ist, Fig. 17,

$$R = \tfrac{1}{2} H \cdot \frac{\cos \frac{\alpha + \beta}{2}}{\cos \frac{\alpha - \beta}{2}} = m H,$$

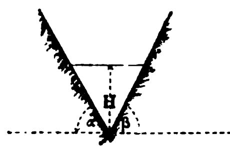


Fig. 17.

wobei

$$m = \tfrac{1}{2} \cdot \frac{\cos \frac{\alpha + \beta}{2}}{\cos \frac{\alpha - \beta}{2}}$$

gesetzt wird. Beim rechteckigen Profile von der Länge l ist $R = H \cdot \frac{l}{l + 2H} = m H$. Der Factor $m = \frac{l}{l + 2H}$ ist von H allerdings nicht mehr ganz unabhängig. Bei großen Flüssen ist H im Verhältniss zu l sehr klein, daher $m =$ annähernd 1 gesetzt werden kann. Es wird dann $R = H$.

Im Falle des trapezförmigen Querprofiles mit den Böschungswinkeln α und $\beta = 45^0$ und der Sohlenweite l, wird $R = H \frac{l + H}{l + 2 \cdot 83 H} = m H$, wobei der Factor m auch nicht mehr, entgegen dem Falle des Dreieckprofiles von H ganz unabhängig ist, was auch bei allen andern trapezförmigen Profilarten zutrifft,

wasserstande H in der Regel nur sehr wenig abhängigen, mehr die Form des Querprofiles charakterisirenden Coefficienten, den sogenannten Coefficienten der Form darstellt, so lässt sich die Formel 16 auch schreiben:

$$\text{17)} \qquad \operatorname{tang} \alpha = \frac{d - 1000}{100} \cdot \frac{b}{c^2 m \cdot H}.$$

Aus den drei letzten Formeln für die Tangente des Ausgleichsgefälles lassen sich die folgenden speciellen Erosionsgesetze aufstellen:

1. Je dichter, dann je länger, nach der auf die gestoßene Fläche senkrechten Richtung gemeint, das Geschiebe ist, aus welchem sich die Bachsohle zusammensetzt, desto geringer wird die Erosionswirkung sein, denn ein solches Materiale vermag sich bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen unter einem relativ steileren Neigungswinkel im Rinnsale zu erhalten.

2. Je größer das specifische Gewicht γ der Flüssigkeit ist, desto kleiner wird der Geschwindigkeitsfactor c, denn er nimmt mit der im Falle der Zunahme des specifischen Gewichtes abnehmenden mittleren Geschwindigkeit nach Formel 4 ab. Klares Wasser wird sonach stärker erodiren, als mit Material belastetes, und mit der Zunahme der Belastung nimmt die Erosionsfähigkeit ab.

3. Je größer der Hochwasserstand H wird, desto kleiner wird das Ausgleichsgefälle und umgekehrt. Bei dem Uebergange aus einem engen in ein weites Profil nimmt der Hochwasserstand unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen ab, das Ausgleichsgefälle muss sonach zunehmen, und umgekehrt wird sich im engen Profile die Erosion mehr geltend machen, als im weiten. Es steht dies im directen Zusammenhange mit den sich an die Figuren 8—13 knüpfenden Betrachtungen. Soll sonach das Geschiebe auf möglichst steilen Rinnsalen erhalten werden, so ist auf die Verminderung des Hochwasserstandes hinzuarbeiten, woraus auf analytischem Wege die Bedeutung der culturellen Maßnahmen im Rahmen eine rsystematischen Verbauung, namentlich die Bedeutung des Waldes im Hinblick auf dessen Retention erhellt.

Ueber einen Formcoefficienten vide auch: „Ueber den Begriff eines hydraulischen Momentes der Canalquerschnitte;“ von C. K. Aird in Würzburg. Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen, Hannover 1900, Heft 4 u. 5.

4. Unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen nimmt der Hochwasserstand nach abwärts hin infolge der Zunahme der Abflußmengen zu und die Größe b schon infolge der durch den Transport erfolgenden Abschleifung ab. Es muss sonach auch die Größe des Ausgleichsgefälles continuirlich nach abwärts hin abnehmen. Das normale Ausgleichsgefälle ist sonach, wie dies schon aus den diesbezüglichen allgemeinen Betrachtungen hervorging und nunmehr auch analytisch bewiesen ist, durch eine aufsteigende concave Linie charakterisirt.

Wenn in den abgeleiteten Formeln 16 und 17 die Größe b einen den localen Verhältnissen entsprechenden Minimalwerth annimmt, so nimmt auch die Tangente von α einen Minimalwerth an. Bei vollkommen reinem Wasser, unter Annahme $b = 0$, wäre sonach erst dann jede Erosion ausgeschlossen, wenn die Sohle sich zum horizontalen Gleichgewichtsprofile entwickelt hätte.

Wenn die Wässer aus der in der Regel engen Schlucht ihres Unterlaufes in die Ebene gelangen und sich hier auszubreiten, die Ebene zu überfluten vermögen, so nimmt der Hochwasserstand H den kleinsten Werth an. Das Ausgleichsgefälle wird zu einem gewissen Maximum, d. h. das Geschiebe wird sich unter dem steilsten Böschungswinkel auf der Thalsohle erhalten. Das sich so entwickelnde Gefälle wurde von Breton[124]) als das sogenannte „Ueberfluthungsgefälle“, „pente de divagation“ bezeichnet. Letzteres und das Gleichgewichtsprofil bilden sonach die beiden Extreme des Ausgleichsgefälles.

Der Ausdruck für das Ausgleichsgefälle, Formel 17, ist nicht danach angethan, die Berechnung desselben in einzelnen praktischen Fällen auf leichte Weise zu ermöglichen. Der um den Wasserbau in Italien verdiente Ingenieur Carlo Valentini[126]) hat für die bedeutenderen italienischen Flüsse die Ausgleichsgefälle oder Compensationsprofile, „profili di compensazione“ angegeben und in einer zweiten Arbeit[127]) für dieses Profil unter gewissen Voraussetzungen einen anderen Ausdruck aufgestellt. Die diesbezüglichen, streng wissenschaftlich gehaltenen Ausfüh-

126) „Della sistemazione dei Fiumi.“ Studio di Carlo Valentini, ingenere del genio civile. Milano 1893.

127) „Del modo di determinare il profilo compensazione e sua importanza nelle sistemazioni idrauliche“, di Carlo Valentini, „Politecnico“, 1895.

rungen finden mit den Worten von Gravelius [128]) die beste Beurtheilung, deren Wiedergabe daher gestattet sein mag.

Valentini macht in seiner Arbeit die Annahme, dass das Geschiebe würfelförmige Gestalt habe. Diese Voraussetzung dürfte insolange zulässig sein, als nicht sorgfältige Beobachtungen etwa darauf hinweisen, dass das Geschiebe sich vorzugsweise nach einer seiner drei im allgemeinen ungleichen Achsen einstellt. Die numerische Bestimmung der Größe b in Formel 16 — Valentini und Gravelius gebrauchen den Buchstaben a — im gegebenen Falle geschieht dann in folgender Weise: Es wird das Volumen einer gegebenen, von Sand und Erde befreiten Geschiebemenge im natürlichen Zustande, ferner das Volumen Wasser bestimmt, welches zur Sättigung dieser Geschiebemenge erforderlich ist; die Differenz beider ist das reine Geschiebevolumen V. Nachdem durch Auszählung des Geschiebes die Zahl n gefunden wurde, so ergibt sich

$$b^3 = \frac{V}{n}.$$

Diese Bestimmungsweise ist aber nur auf kleineres Geschiebe beschränkt. In der That variirt auch b für die Versuchsprofile der Adda nach Valentini zwischen 0.007 und 0.046 m.

Wird das Geschiebe größer, so ist die numerische Bestimmung des Gesammtvolumens V mit Hilfe eines Messkastens nicht mehr auszuführen und es muss b direct als Mittelwerth einer großen Menge von Einzelmessungen gewonnen werden. Diese letztere Methode hat Valentini denn auch an den von ihm untersuchten 74 Gebirgswässern (torrenti) des Addagebietes angewendet. Valentini schreibt nun die Formel 16

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{d - 1000}{100} \cdot \frac{b}{c^2 R}$$

in der folgenden Form:

18) $$\operatorname{tang} \alpha = C \frac{a}{r},$$

wobei $a = b$ und $r = R$ sind.

Er ermittelte nun aus der Reihe von Gleichungen, welche den simultanen Werthen α, a, r, entsprechen, den Coefficienten C nach

128) „Das Compensationsprofil" von Dr. H. Gravelius, Zeitschrift für Gewässerkunde. 2. Heft 1899.

der Methode der kleinsten Quadrate, wobei eine Trennung der am Addaflusse und an den Gebirgswässern gewonnenen Beobachtungen eintritt. Er gelangte zu den folgenden Resultaten: Compensationsprofil für Flüsse:

19) $$\operatorname{tang} \alpha = 0{,}871 \frac{a}{r},$$

Compensationsprofil für Gebirgswässer:

20) $$\operatorname{tang} \alpha = 0{,}093 \frac{a}{r}.$$

Die von Gravelius durchgeführten Fehlerbestimmungen ergeben für Flüsse:

21) $$\operatorname{tang} \alpha = 0{,}871 \frac{a}{r} (1 + 0{,}108),$$

für Gebirgswässer

22) $$\operatorname{tang} \alpha = 0{,}093 \frac{a}{r} (1 \pm 0{,}106).$$

Das Compensationsprofil ist in beiden Fällen mit einem mittleren Fehler von 11 % bestimmt. Dieser Fehler ist bei dem großen Gefälle der Gebirgsflüsse nicht zu unterschätzen, und auf die schwierige Bestimmung des Mittelwerthes von a, bzw. b zurückzuführen. Valentini ist bei den Gebirgswässern bis zu den Werthen von $\operatorname{tang} \alpha = 0{,}4266$ gegangen (Val Malera), was einem Werthe $\alpha = 23^0$ entspricht.

Zum Zwecke der Bestimmung des Compensationsgefälles in praktischen Fällen schlägt Thiéry[29]) den folgenden Weg ein: Ist in einem geschlossenen Profile, d. i. in einem Profile, welches sich sichtlich durch lange Zeit nicht geändert hat, das herrschende Gefälle als das Compensationsgefälle anzusehen und wird weiters angenommen, es änderen sich auf einer gewissen Bachstrecke die Größen d, b und c in Formel 17 nicht, so ist, wenn

$$\frac{d - 1000}{100} \cdot \frac{b}{c^2} = A$$

gesetzt wird,

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{A}{R}.$$

Für jedes andere Querprofil dieser Strecke wird

$$\operatorname{tang} \alpha_1 = \frac{A}{R_1} \quad \text{oder} \quad \frac{\operatorname{tang} \alpha}{\operatorname{tang} \alpha_1} = \frac{R_1}{R}.$$

Diese Formel kann aber nur dann bestehen, wenn die mittleren Geschwindigkeiten in den zwei betrachteten Querprofilen einander gleich sind, denn wäre dies nicht der Fall, so könnte, da

$$\frac{J}{J_1} = \frac{\operatorname{tang} \alpha}{\operatorname{tang} \alpha_1}$$

zu setzen ist,

$\frac{\operatorname{tang} \alpha}{\operatorname{tang} \alpha_1}$ nicht gleich $\frac{R_1}{R}$ oder $c\sqrt{RJ} = v$ nicht gleich $c\sqrt{RJ_1} = v_1$ sein. Da also v und v_1 gleich zu setzen sind, so werden auch

$$\frac{Q}{F} = \frac{Q_1}{F_1} \quad \text{oder} \quad \frac{F_1}{F} = \frac{Q_1}{Q} \quad \text{und} \quad \frac{R_1}{R} = \frac{Q_1}{Q} \cdot \frac{C}{C_1}$$

zu setzen sein, wobei F und F_1 die benetzten Profilsflächen, C und C_1 die benetzten Profilsumfänge, Q und Q_1 die Abflussmengen bedeuten.

Es wird deshalb

23) $$\frac{\operatorname{tang} \alpha}{\operatorname{tang} \alpha_1} = \frac{Q_1}{Q} \cdot \frac{C}{C_1}.$$

Sind in der betrachteten Strecke die Abflussmengen als gleichbleibend anzunehmen, so wird

24) $$\frac{\operatorname{tang} \alpha}{\operatorname{tang} \alpha_1} = \frac{C}{C_1},$$

sind diese veränderlich, dagegen die Profilsverhältnisse gleich, so wird

25) $$\frac{\operatorname{tang} \alpha}{\operatorname{tang} \alpha_1} = \frac{Q_1}{Q}.$$

Auf diese Weise kann aus der Beobachtung eines vorhandenen Ausgleichsgefälles auf dessen Größe unter andern Profils- und Wasserabflussverhältnissen wenigstens annähernd geschlossen werden.

Aus der letzten Formel ist übrigens zu sehen, dass mit der Zunahme von Q das Compensationsgefälle abnehmen muss, dass es sich sonach, wie dies schon aus andern Betrachtungen erhellt, nach abwärts zu verflacht.

Aus der Formel 24 ergibt sich die Abnahme des Compensationsprofiles mit der Abnahme des benetzten Umfanges, und hieraus erklärt sich neuerdings der Verlauf der Gefällscurve nach Fig. 13, denn mit der Verengung des Querprofiles nimmt dessen benetzter Umfang ab und umgekehrt.

Die Abnahme des specifischen Gewichtes der transportirenden Flüssigkeit bedingt die Abnahme des Compensationsprofiles,

woraus sich, worauf seiner Zeit zurückgekommen wird, die Unterwaschung von Einbauten in den Gerinnen, namentlich von Querwerken, erklären lässt, wenn infolge von getroffenen Maßnahmen oder wie immer veranlasst, die Geschiebeführung im betrachteten Gewässer durch kürzere und längere Zeit abnimmt.

Die bisherigen Ausführungen hatten immer die Entwickelung des natürlichen Längenprofiles als Folge der materialausscheidenden Wasserthätigkeit vor Augen, des Längenprofiles, welches, von in den örtlichen Verhältnissen begründeten Störungen, Gefällsbrüchen abgesehen, durch eine continuirlich verlaufende, aufsteigende, nach oben zu concave Curve gekennzeichnet ist.

In den Gebirgsbächen ist aber nicht selten die im ersten Abschnitte besprochene Erscheinung des Murganges zu beobachten, welche Erscheinung den natürlichen Process des „Einzeltransportes" stört und den „Massentransport" veranlasst.

Wenn infolge außerordentlicher Ereignisse, infolge von Bergstürzen, Terrainbrüchen u. dgl., grosse Massen Geschiebes plötzlich in das Bachbett gelangen, so vermag das Wasser diese vorerst nicht zu bewegen. Vermöge der nach und nach eintretenden Durchfeuchtung tritt aber endlich ein Moment ein, wo sich die Massen, geschoben durch das bergseits gestaute Wasser, langsam in Bewegung setzen.

Wie eine geschlossene Phalanx rückt der Murgang, in welchem die Masse des Geschiebes jene des Wassers oft weit überwiegt, und in welchem die Steine vorerst im bunten Durcheinander hart neben einander liegend und sich berührend, mit Schlamm vermengt fortgeschoben werden, langsam gleichmäßig heran, alles mit sich reißend, was sich seinem Thalgange entgegenstellt. In dieser außerordentlich tragfähigen, weil specifisch schweren Masse findet aber bald eine Materialsortirung in der Weise statt, dass das größte Geschiebe vermöge der erhöhten lebendigen Kraft vorwärts zu eilen trachtet. Die Geschiebsmassen des Murganges lösen sich so zu sagen langsam aus ihrem innigen Contact und sortiren sich in einer dem Einzeltransporte entgegengesetzten Weise.

Das gröbste Material ist nunmehr voraneilend, am nächsten der Sohle, das feinste zurückbleibend und in der Strömung hoch oben zu finden, und es muss im Falle der Deponirung, gerade entgegengesetzt wie bei Vorherrschen des Einzeltransportes, das grobe Material zu unterst, das feine zu oberst zu liegen kommen.

Wenn infolge dieser Materialdeponirung das Wasser wieder

die Oberhand über das Geschiebe erhält, so beginnt seine natürliche Thätigkeit von Neuem. Es wird zunächst bestrebt sein, das an der Spitze der Ablagerung, d. i. zu oberst vorhandene feinste Materiale zu heben und es thalabwärts zu führen. Der Reihe nach kommen dann, sollte die Stoßkraft ausreichen, die weiteren Geschiebe an die Reihe, und vielleicht vermag das Wasser mit dem gröbsten, am Fuße der Ablagerung vorhandenen nicht mehr zu rühren. Die Geschiebe sind in einem Momente des so gedachten Transportes wieder in der natürlichen Reihenfolge zu finden und werden sich im Falle der Materialdeponirung nach dem natürlichen, dem Einzeltransporte entsprechenden Gesetze lagern.

Ein Massentransport ist übrigens, wie dies im 1. Abschnitte gelegentlich der Besprechung des Murganges bemerkt wurde, auch dann denkbar, wenn das Gefälle des Wassers hinreichend groß ist und das Wasser in das vorhandene, tiefe Schotterfeld einzudringen vermag. Der Vorgang findet dann, weil mitunter tief in der Bachsohle und unter dem Wasserspiegel vor sich gehend, nicht sichtlich statt. Auch können in diesem Falle ober dem Sohlenniveau der Einzel-, unter dem Sohlenniveau aber der Massentransport gleichzeitig stattfinden.

Es ist ganz begreiflich, dass sich für die Gesetze des Massentransportes, welchem vielleicht auch in manchen Fällen eine wellenförmige Bewegung zugrunde liegen mag, allgemein giltige Gesetze nicht aufstellen lassen.

In den einzelnen Fällen wird die Beobachtung für das Phänomen und seine Wirkung den nöthigen Aufschluss geben und damit die Möglichkeit bieten, auf analoge Fälle schließen zu können. Und damit wird man sich in der Regel begnügen müssen.

Der Einfluss der Wasserführung auf die Veränderungen in den Querprofilen.

Es hat für den vorliegenden Zweck wohl weniger Bedeutung, die Entwickelung der Querprofile und die Bewegung der Kiesbänke des näheren zu erklären. Es ist das ein Gegenstand, welcher für die Flussregulirung von großer, für die Wildbachverbauung jedoch von mehr untergeordneter Bedeutung ist. Es wird übrigens auf

die diesbezüglichen Ausführungen der Publicationen [129]) und [130]) verwiesen.

Von weit größerer Bedeutung dagegen ist der Einfluss der Wasserführung auf die Veränderungen in den Querprofilen.

Die Annahme liegt nahe, dass sich die größten Veränderungen im Bachbette während der Dauer der höchsten Wasserstände vollziehen, zu welcher Zeit auch die größte Geschiebeführung gedacht werden könnte.

Beide Annahmen sind jedoch, wie in folgendem bewiesen werden soll, nicht ganz zutreffend.

Während der Dauer der Niederwässer werden der Bachsohle nach und nach die wenigst widerstandsfähigen Steine entnommen, und es bleibt nur jenes größere Geschiebe zurück, mit welchem das Niederwasser nicht zu rühren vermag.

Durch diesen Sortirungsprocess wird die Bachsohle in gewissem Sinne befestigt und tritt in einen Beharrungszustand, der umso größer ist, je länger die Niederwässer anhalten. Würde ein Blick unter die Oberfläche der so scheinbar widerstandsfähigen Bachsohle geworfen werden können, so würden sich Geschiebe von geringeren Dimensionen, ja selbst ganz leichter Schotter und Sand zeigen.

Im Falle des zumeist ganz plötzlichen Eintretens des Hochwassers wird der obgedachte Beharrungszustand gestört, und es setzt sich nicht allein die widerstandsfähige, grobe Sohlenbekleidung, sondern auch theilweise das darunter befindliche, geringere Material mit ungleicher Geschwindigkeit in Bewegung; die Geschiebeführung ist jetzt eine allerdings wesentlich gesteigerte, doch ist diese Steigerung vorläufig nur auf die Entnahme des Sohlenmateriales zurückzuführen.

Während der Dauer des höchsten Wasserstandes bleibt die Richtung des Stromstriches vorwiegend unverändert, die Strömung schließt sich mehr den bestehenden Ufern an, und es ist in der Regel ein wesentlicher Angriff der Uferwandungen noch nicht erkennbar. In jenem Momente aber, in welchem das Hochwasser zu sinken beginnt, tritt eine, und zwar die Ablagerung des schwersten,

129) „Der Wasserbau an Gebirgsflüssen“, von Josef Freiherrn von Gumppenberg-Pöttmes, Augsberg 1860.

130) „Der Flussbau“, bearbeitet von Fr. Kreuter, H. Garbe und A. Koch. Handbuch der Ingenieurwissenschaften. 3. Band. Der Wasserbau. 3. Auflage. Leipzig 1897.

größten Geschiebes ein; das immer noch bedeutende Hochwasser ist veranlasst zu serpentiniren, in Folge dessen auch die Böschungen anzugreifen, und es wird nun eine ganz außerordentliche, die Ablagerung oft weit überwiegende Vermehrung der Sinkstoffführung, die aber jetzt zum größten Theile auf die Entnahme des Ufermateriales zurückzuführen ist, bemerkbar. Das ist in der Regel auch der Zeitpunkt, in welchem die größte Materialführung und die größten Veränderungen im Bachbette zu bemerken sind.

Es kann so behauptet werden, das Wasser serpentinire bei Niederwasser allerdings am meisten, schade aber am wenigsten. Bei höchstem Wasserstande serpentinire es nahezu nicht, und

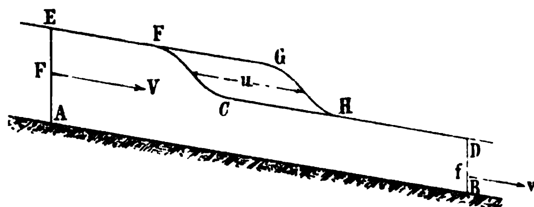


Fig. 18.

zwischen den beiden Wasserständen, Nieder- und Hochwasser, bestehe ein Wasserstand, bei welchem die größte Materialführung und der größte Böschungsangriff, die größte Corrosion stattfinden müssen. Dieser gewisse Wasserstand müsste naturgemäß zweimal, beim Steigen und beim Fallen des Wassers, erreicht werden. Doch soll es Aufgabe der folgenden Betrachtung sein, zu beweisen, dass der im Falle des Steigens des Hochwassers sich ergebende gewisse Wasserstand der bei weitem ungefährlichere ist, dass sich vielmehr, wie schon früher behauptet, die größten Veränderungen bei größter Sinkstoffführung während des Fallens des Hochwassers ergeben müssen. Ist in Fig. 18 $ABDE$ eine betrachtete Section des Wasserlaufes und CD der Niederwasserspiegel, und seien die diesem Wasserstande entsprechenden Größen, und zwar die benetzte Fläche, die mittlere Wassergeschwindigkeit und sekundliche Wasserabflussmenge der Reihe nach mit f, v und q bezeichnet, so ist bekanntlich

$$q = f \cdot v \cdot$$

Wenn in einem gedachten Momente das Querprofil in A vom ankommenden Hochwasser durchströmt wird, so gehen die Größen

f, v und q in F, V und Q über, und es besteht dann das Verhältniss

$$Q = F \cdot V \cdot$$

In einer Sekunde gedacht, hat die Wassermasse zwischen den Profilen AE und BD und zwar bei A um Q zugenommen, bei B um q abgenommen. Der Zuwachs beträgt somit die Differenz $Q - q$. Zu gleicher Zeit hat sich die Hochwasserwelle FC im Mittel um ein gewisses Stück u nach GH vorwärts bewegt.

Dieses Stück u stellt sonach die mittlere Geschwindigkeit dar, mit welcher sich die Hochwasserwelle im gedachten Augenblicke vorwärts bewegte.

Die Wassermasse, welche sich zwischen den Hochwasserwellen FC und GH befindet ist:

$$Q - q = (F - f) \cdot u$$

oder

$$u = \frac{Q - q}{F - f}$$

d. h. die mittlere Geschwindigkeit, mit welcher die Hochwasserwelle heranrückt, ist gleich der Differenz der Abflussmengen getheilt durch die Differenz der benetzten Flächen in den beiden Querprofilen AE und BD.

Bei Einführung der vorstehenden Größen für q und Q folgt:

$$u = \frac{F \cdot V - f \cdot v.}{F - f}$$

oder

$$u = v + \frac{F(V - v) \cdot}{F - f}$$

Bei Betrachtung dieser Ausdrücke und Bildung der Differenzen von $V - v$ und $F - f$ im Falle des Steigens des Hochwassers, kann behauptet werden, es müssen diese letzteren insolange positiv sein und daher auch insolange zur Vergrößerung von v beitragen, insolange mit der zunehmenden Fläche des benetzten Querprofiles auch die mittlere Geschwindigkeit zunimmt. Das ist unter allen Umständen dann der Fall, wenn das Hochwasser im geschlossenen Profile zusammengedrängt bleibt, denn mit der Fläche nimmt dann auch die Wassertiefe und mit ihr die mittlere Geschwindigkeit zu. In diesem Falle ist sonach die Geschwindigkeit der Basis der Hochwasserquelle, nur etwas größer als die mittlere Geschwindigkeit des Niederwassers und

die Geschwindigkeit der Spitze der Hochwasserwelle größer als die mittlere Geschwindigkeit des gesammten Hochwassers.

Beobachtungen, welche vielleicht zu dem Gegentheile führen, sind dem Umstande zuzuschreiben, dass zwischen den beiden Beobachtungsstationen *A* und *B* eine Ueberfluthung des Geländes eingetreten ist, dass also eventuell bei Zunahme der benetzten Fläche eine Abnahme der Wassertiefe und mittleren Geschwindigkeit zu constatiren wäre.

Je größer das Hochwasser wird, desto größer ist die Differenz zwischen den Geschwindigkeiten der Basis und der Spitze der Hochwasserwelle, woraus folgt, dass sich der Kopf *GH* der Welle stets zu verkürzen, d. h. steiler zu gestalten trachtet.

In ähnlicher Weise lassen sich die Betrachtungen auch auf das Sinken desHochwassers, bezw. auch auf den Rücken der Wasserwelle durchführen. Die gleiche Ursache, auf welche die Verkürzung des Kopfes der Hochwasserwelle zurückzuführen ist, bedingt die Verlängerung ihres Rückens, nach Maßgabe des Sinkens des Hochwassers.

Wenn z. B. das Hochwasser zum Steigen eine Stunde bedarf, so kann sein Fallen 5—6 Stunden in Anspruch nehmen. Wenn die Culmination des Hochwasserstandes und der damit verbundenen Erosion z. B. einige Minuten währte, so kann ein Ablauf der Wasser durch Stunden andauern.

Die Verkürzung des Hochwasserkopfes bei herankommendem Hochwasser einerseits, die Verlängerung des Hochwasserrückens beim abfließenden Hochwasser andererseits liefern den Beweis für die Thatsache, dass die Hochwässer viel schneller herankommen, als sie abfließen, und daraus ist wieder zu erkennen, dass das herankommende Hochwasser eine oder mehrere der Corrosion vielleicht sehr unterworfene Uferstellen viel rascher überströmt, als sie das abfließende Hochwasser zu verlassen vermag.

Dieses letztere wird daher schon aus diesem Grunde, ganz abgesehen von der im Eingang berührten, im Falle des Sinkens des Hochwassers eingetretenen Materialablagerung, wesentlich zu corrodiren im Stande sein.

Es unterliegt also gar keinem Zweifel, dass die größte Materialführung und die größte Corrosion, sonach auch die größten Veränderungen in den Querprofilen mit dem Sinken des Hochwassers, welch' letzteres ungleich langsamer als das Steigen vor sich geht, zusammen fallen, dass somit der durch die länger andauernden

Niederwässer geschaffene Beharrungszustand wohl durch das herankommende Hochwasser überrascht, aber erst durch das abfließende Hochwasser wesentlich gestört werden kann.

Die Bildung der Schuttkegel.

Bekanntlich bilden sich überall dort, wo das Wasser Gelegenheit findet, das von ihm geführte Geschiebe unbehindert abzusetzen, also unter den hiefür günstigen Quer- und Längenprofils-

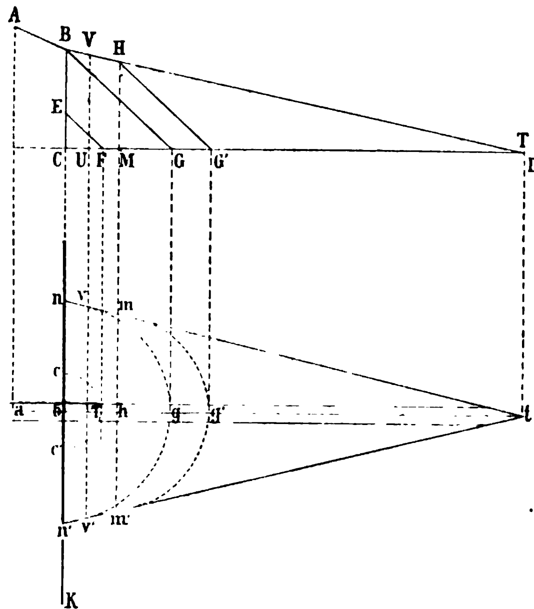


Fig. 19.

verhältnissen anscheinend kegelförmige Gebilde, die man gewöhnt ist als „Schuttkegel“ zu bezeichnen.

Abwärts des Schuttkegels ist, wenn überhaupt noch von einem eigentlichen Laufe gesprochen werden kann, der Wildbach annähernd von Geschiebe frei und schlängelt sich nicht selten unter geringen Gefällswerthen als harmloses Bächlein dem Hauptgewässer zu.

Es ist Verdienst der neueren französischen Literatur, die Art und Weise der Bildung der Schuttkegel mit den Gesetzen der Geschiebebewegung in den richtigen Zusammenhang gebracht und erklärt zu haben.

Angenommen, es sei in Fig. 19, Seite 200, *A B* der in der Regel vor dem Austritt in das Hauptthal eine enge Schlucht durcheilende Bachlauf, und es sei das mit Geschiebe belastete Wasser gezwungen, bei *B* über die verticale Wand *B C* in die vorerst horizontal gedachte Thalebene *C D* hinabzustürzen. In dieser letzteren vermag sich das Wasser nach allen Richtungen auszubreiten, der Wasserstand sinkt auf seinen geringsten Werth herab. Das Wasser vermag das in *B* getragene Geschiebe nicht mehr weiterzuführen und lagert es unter dem möglichst größten Gefälle, dem sogenannten „Ueberfluthungsgefälle“, vide Seite 190, in der Thalebene ab.

Es bildet sich zunächst um den Punkt *C*, beziehungsweise im Grundrisse um den Punkt *b* ein kleiner Halbkegel *C E F* mit der Spitze in *E*, dessen Erzeugenden alle unter dem Ueberfluthungsgefälle zur Thalebene geneigt sind. Dieser erste Process ist ganz ähnlich jenem, wie er sich in einer Sanduhr abspielt. Bei fortgesetzter Materialführung nimmt der bezeichnete Halbkegel an Größe zu und seine Spitze steigt allmählich gegen *B* hinauf. So tritt ein Moment ein, in welchem die Spitze gerade den Punkt *B* erreicht, und es ist dann der Halbkegel im Aufrisse durch das Dreieck *B C G* gegeben. Im Grundrisse erscheint dieser Halbkegel durch den Halbkreis *n g n'* und die Gerade *n n'* begrenzt. Hat sich der Halbkegel bis zu dem Punkte *B* erhoben, so ist der erste Abschnitt in der Entwickelung des Schuttkegels abgeschlossen. Ist die Schotterführung nicht continuirlich und nicht gleichmäßig, so können die einzelnen kleinen, sich successive im Verlaufe dieses ersten Entwickelungsabschnittes bildenden Halbkegel mancherlei Umformung, insbesondere durch Erosion erleiden, allein das schließliche Ergebniss wird doch immer das annähernd gleiche sein.

Das Bestreben des Halbkegels einerseits, sich über den Punkt *B* hinaus zu entwickeln, und die Kraft des bei *B* ankommenden Wassers und Geschiebes andererseits, veranlassen vorerst eine Geschiebeanhäufung bei *B*, bald aber durch seitliches Verwerfen des den Wasserlauf hindernden Geschiebes die Entwickelung eines durch zwei Geschiebehöcker begrenzten Rinnsales, in welchem das Wasser vorwärts zu eilen und das weiter herablangende Geschiebe weiter zu führen trachtet.

Es macht sich abwärts des Punktes *B* ein langsames Verschieben der Geschiebebildung nach *H* hin bemerkbar, wobei die

Neigung der Linie BH, entsprechend dem Bestreben des Wassers, das natürliche Gefälle, das „Ausgleichsprofil“ zu entwickeln, diesem Gefällswerth gleichkommt. Gleichzeitig bringt die beiderseitige Ueberfluthung des Rinnsales, der Absturz des Wassers über die Erzeugenden des Halbkegels des ersten Entwickelungsabschnittes, die Bildung des Ueberfluthungsgefälles am Geschiebegebilde links und rechts von BH mit sich. In Fortsetzung dieser Entwickelung schiebt sich das Gebilde stetig bis T hin fort.

Im Grundrisse werden die einzelnen, sich stets am Kopfe des Gebildes und in der Thalebene ergebenden Abgrenzungen durch

Fig. 20.

den mit dem Mittelpunkte b — soweit es die Lage HG^1 betrifft — gezogenen Halbkreis $mm'g^1$ und die Geraden mn und m^1n^1 ersichtlich gemacht werden können.

Hat sich die Ablagerung bis zu dem Punkte T vorgeschoben, so ist der zweite Abschnitt im Entwickelungsgange abgeschlossen. Im Aufrisse ist dann das Gebilde durch das Dreieck BCT gegeben; im Grundrisse ist es durch die Figur nn^1t gekennzeichnet. Seine Form ist im großen ganzen als die einer dreiseitigen Pyramide anzusehen, deren Basis in der verticalen Ebene BC und deren eine Seite in der Thalebene CD gelegen sind. Die beiden anderen,

unter dem Ueberfluthungsgefälle zur Thalebene geneigten Seitenflächen schneiden sich in der Linie BT, welche für sich zur Thalebene unter dem Ausgleichsgefälle geneigt ist; die Verschneidungslinie BT ist durch ein schmales Rinnsal gebildet.

Die vorbeschriebene und noch nicht vollständig abgeschlossene Entwickelung des Schuttkegels vollzieht sich in ganz ähnlicher Weise, wenn die Ebene BC des Absturzes, Fig. 20, Seite 202, nicht vertical, sondern unter dem Winkel x zur Thalebene geneigt sein sollte.

Die erste Phase ist bis zur Entwickelung des Kegelabschnittes, nun nicht mehr Halbkegels BCG, zu zählen, und die zweite Phase ist mit der Bildung der Ablagerung BCT, im Grundrisse zur Hälfte bct abgeschlossen. Zu bemerken ist hiebei nur der Umstand, dass die Größe der Neigung der Absturzebene BC, beziehungsweise die Lage der Verschneidungslinie bc im Grundrisse, auf die genaue Ausformung des Gebildes einen gewissen Einfluss ausübt, was aus der folgenden Betrachtung hervorgeht.

Ist tc die Tangente zu bc, so folgt:

$$\overline{bc}^2 = bd \cdot bt$$

oder

$$\overline{DG}^2 = DC \cdot DT$$

$$\frac{BD^2}{\operatorname{tang}^2\beta} = \frac{BD}{\operatorname{tang} x} \cdot \frac{BD}{\operatorname{tang} \alpha} =$$

$$= \frac{BD^2}{\operatorname{tang} x \cdot \operatorname{tang} \alpha}$$

oder

$$\operatorname{tang} x = \frac{\operatorname{tang}^2\beta}{\operatorname{tang} \alpha},$$

wobei β das Ueberfluthungs- und α das Compensationsgefälle darstellen.

Trifft dieses Verhältniss zu, so ist das Gebilde, nach Abschluss der zweiten Phase, als Pyramide anzusehen. Nimmt der Winkel x zu, so geht die Pyramide nahe an der Absturzebene beiderseits in je ein conisches Stück, im Grundrisse bcc_1, über; nimmt dagegen der Winkel x ab, so vermindert sich die Pyramide beiderseits je um ein conisches Stück, im Grundrisse bcc_2.

Die vorbeschriebene Schuttkegelentwickelung vollzieht sich übrigens in ähnlicher Weise auch dann, wenn Berg und Thal nicht

durch eine verticale oder schiefe Ebene *BC*, sondern durch eine wie immer beschaffene Fläche von einander getrennt sind. In ähnlicher Weise geht auch die Entwickelung vor sich, wenn die Thalebene nicht horizontal, sondern geneigt, oder sonst wie beschaffen sein sollte.

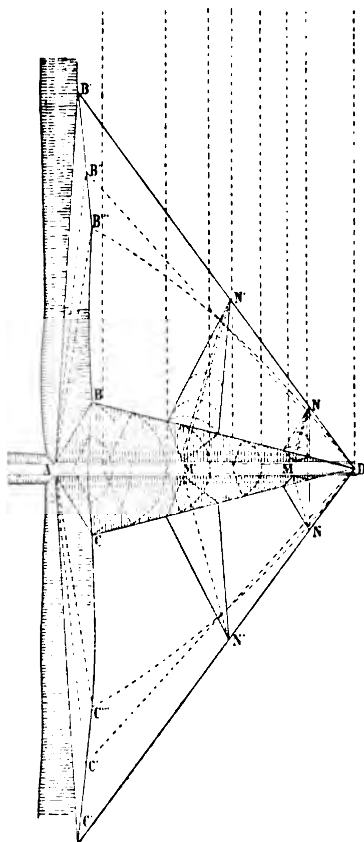


Fig. 21.

Mit dieser vorbeschriebenen Entwickelung ist aber in keinem Falle der Schuttkegel natürlich abgeschlossen.

Das am Kamme *AD* des Gebildes Fig. 21, vorhandene Rinnsal hat naturgemäß nur geringe Tiefe, und muss sich, da das Geschiebe momentan über den Punkt *D* hinaus nicht transportirt werden kann, bei weiter fortgesetzter Materialführung vom Punkte *D* an langsam nach aufwärts hin zu füllen suchen.

Die unmittelbare Folge des Ausfüllens des Rinnsales ist das Ueberströmen des bisherigen Gebildes nach links und rechts über die Flanken und die Bildung der Pyramiden *MNN*, *M'N'N'* u. s. f. deren Form, da die Entwickelungsgesetze die gleichen sind, ganz ähnlich ist jener der großen Pyramide *BCD*.

Die Größe dieser einzelnen Pyramiden hängt von der Höhe der auf der Kante *AD* gelegenen Punkte *M*, *M'* u. s. f. ab; die Linien *MN*, *M'N'* u. s. w. sind unter dem Ausgleichsgefälle zur Thalebene geneigt.

So reihen sich von unten hinauf eine Pyramide an die andere an, bis das Gebilde im Grundrisse die Form *B'C'D* angenommen hat. Die Punkte *N'N'* u. s. w. liegen, falls die Thalebene horizontal ist, in je einer geraden Linie. Da die Thalebene aber in der Regel nach dem Hange zu ansteigt, so werden

sich die Stücke *MN*, *M'N'* u. s. w. nicht im gleichen Verhältnisse verlängern, und die Verschneidungslinie, die übrigens um den Punkt *D* herum eine kleine Rundung aufweisen wird, kann sich nach der mehr oder minder gekrümmten Linie *DC''*, *DC'''* u. s. w. entwickeln. Auf diese Weise ergibt sich die scheinbar kegelförmige Ablagerung *ABCD*, in Fig. 22, auf welcher die Wässer allerorts das gleiche Gefälle, das Ausgleichsgefälle, antreffen. Je gröber das vom Wildbache geführte Material ist, desto steiler entwickelt sich das Gebilde. Wird es bei fortgesetzter Materialführung, seiner Form entsprechend, vom Wasser gleichmäßig überfluthet, so nimmt es gleichmäßig an Größe zu, wobei sich dessen Spitze bei *A* stetig in das Innere des Baches vorschiebt.

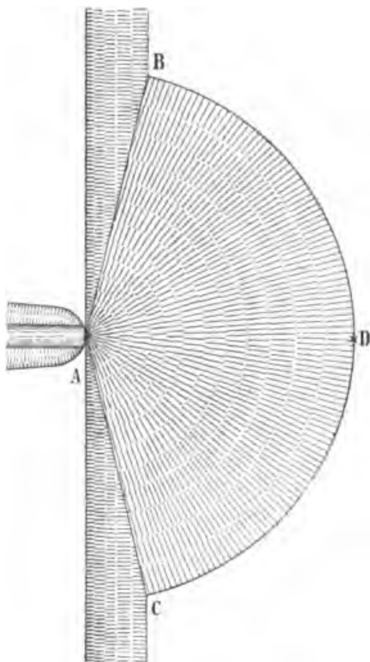


Fig. 22.

Aus dem beschriebenen Entwickelungsgange der Schuttkegel geht hervor, dass sich das Culturgelände zu beiden Seiten, und zwar während der Dauer der beiden ersten Phasen, einer gewissen Sicherheit erfreut, obwohl schon bei dem Eintreten geringer Unregelmäßigkeiten seitliche Bachausbrüche eintreten können.

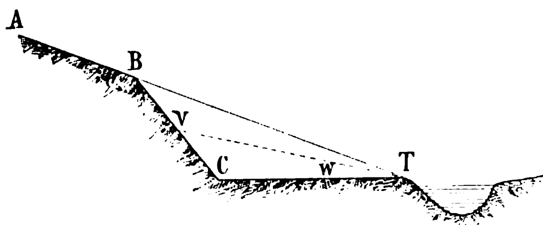


Fig. 23.

Diese letzteren suchen die Anrainer nicht selten durch die Herstellung von Uferschutzbauten zu beiden Seiten des Rinn-

sales zu verhindern, wodurch sie aber gleichzeitig die vollständige Entwickelung des Kegels nach der dritten Phase unmöglich machen.

In Folge der weiteren Materialführung muss dieser Staurücken immer mächtiger werden; er schiebt sich immer mehr in das In-

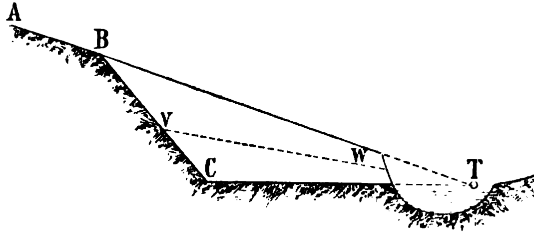


Fig. 24.

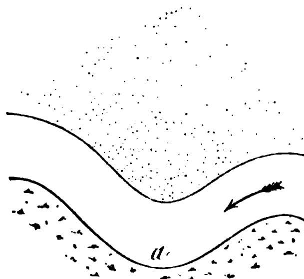


Fig. 25.

nere des Baches vor, die Sohle wird immer höher und höher und die Nothwendigkeit der Erhöhung der beiderseitigen Schutzbauten immer dringender. So kommt es, dass das Rinnsal am Staurücken oft um beträchtliches höher liegt, als das umliegende Gelände, und dass sich die Situation für den Fall eines seitlichen Bachausbruches immer drohender gestaltet.

Die Fortentwickelung des Schuttkegels in der dritten Phase kann übrigens auch dann verhindert werden, wenn das Hauptgewässer die Pyramide der zweiten Phase gerade im Punkte *T*, Fig. 23, Seite 205, berührt oder innerhalb der Punkte *C* und *T* Fig. 24, unterbricht und Kraft genug hat, alles von oben kommende Geschiebe fortzuführen. Wenn übrigens in diesen Fällen die weitere Materialführung, beispielsweise in Folge durchgeführter Verbauung oder spontan abnimmt, so wird sich das Rinnsal am Staurücken nach

dem geringeren Gefälle *VW* ausbilden können, der Bach schneidet sich nach und nach in seinem eigenen Schuttkegel ein. Diese Erscheinung bringt eine größere Sicherheit der Flanken, gleichzeitig aber auch eine große Unsicherheit der etwa vorhandenen Uferschutzbauten durch Unterwaschung, zeitweise auch eine größere Materialabfuhr aus dem Schuttkegel in das Hauptgewässer mit sich, was mitunter bedenklich werden und die Versicherung des Rinnsales am Staurücken nothwendig machen kann.

Wenn aber das Hauptgewässer, welches entweder den Staurücken berührt oder ihn durchschneidet, nicht die Kraft hat, das weiter von oben herablangende Geschiebe fortzuführen, so wird es, Fig. 25, Seite 206, nach und nach, wenn dies die Beschaffenheit des gegenüberliegenden Ufers bei *a* zulässt, vom Schuttkegel verdrängt werden können, und es erklären sich auf diese Weise die nicht selten längs der Schuttkegel bemerkbaren Bach- und Flusskrümmungen.

Ist dagegen das Ufer bei *a* unverrückbar, so wird das Hauptgewässer nach und nach, und zwar so lange zugeschnürt, bis die mit der Verengung des Bachprofiles verbundene erhöhte Geschwindigkeit und Wasserkraft zur Fortführung des weiter von oben herabkommenden Geschiebes ausreichen. Immer ist aber mit dieser Zuschnürung eine Wasserstauung und zumeist Versumpfung des Thalgeländes oberhalb verbunden.

Anhang.

Außer dem in den vorangegangenen Fußnoten angeführten Literaturnachweise wird auf die folgenden, während der Drucklegung dieses Buches erschienenen oder dem Verfasser erst bekannt gewordenen einschlägigen, größeren Werke oder kleineren Abhandlungen verwiesen und zwar:

131) „River development as illustrated by the rivers of North-America;“ by J. C. Russel, London and New-York, 1898.

Enthält die Gesetze über fluviale Evolutionen; Destruction des Gesteines, Gesetze der Laufentwickelung eines Flusses, des Materialtransportes u. s. w.

132) „Correction de la Loire et de ses affluents;“ par F. Bénardeau, Moulins, 1900.

vide die Erörterungen über die allgemeinen Beziehungen zwischen dem Verhalten der Gewässer und der orographischen Gestaltung der Erdoberfläche, der Culturarten und namentlich der Bewaldung.

133) „Forestry in British India“ by B. Ribbentrop, Calcutta, 1900.

vide die Capitel über „Influence of forests on the climatic conditions of a country,“ und „Local influence of forests on the fertility of the country“

134) „Ursachen und Abwehr der Hochwässer.“ Vortrag gehalten im nied. öst. Gewerbeverein am 16. März 1900 von Louis Zels, Schiffahrtsdirector a. D. Wien, 1900.

135) „Erosion durch starke Regenfälle bei steilem Gefälle;“ Notiz in der Zeitschrift für Gewässerkunde. 1. Heft 1901.

136) „Ueber den Einfluss von Waldbeständen auf Ackerbau und Klima.“ (Nach dem Schwedischen von Dr. Hamberg.)

Centralblatt für das gesammte Forstwesen. Heft 8/9. 1901.

137) „Sur le rôle de la forêt dans la circulation de l'eau à la surface des continents“, par E. Henry.

Revue des eaux et forêts, Nr. 10 u. 11, 1901.

138) „Wirthschaftliche Aufgaben an der oberen Waldvegetationsgrenze,“ von Rudolf Jugowitz, dipl. Forstwirth, Director der höheren Forstlehranstalt in Bruck a/d. Mur.

Oesterr. Vierteljahrsschrift für Forstwesen. III. Heft 1901.

139) „Die Vertheilung des Wassers über, auf und in der Erde, und die daraus sich ergebende Entstehung des Grundwassers und seiner Quellen mit einer Kritik der bisherigen Quellentheorien,“ von Fr. König, Hydrotekt, Jena 1901.

vide die Verdunstung des flüssigen Wassers der Erde und die atmosphärischen Niederschläge und ihr Verlauf, dann die Versickerung der Niederschlagswässer.

140) „Der V. Verbandstag des deutsch-österr. ungarischen Verbandes für Binnenschiffahrt 1901 in Breslau.“ Berichtet von Hugo Franz, k. k. Baurath im Ministerium des Innern.

(„Fortschritt auf hydrographischem Gebiete in Oesterreich“ Referent k. k. Oberbaurath, dipl. Ing. Ernst Lauda in Wien.)

Oesterr. Wochenschrift für den öffentl. Baudienst, 31. Heft 1901.

141) „Beiträge zur forstlichen Standortslehre,“ von H. v. Lorenz-Liburnau. Oesterr. Vierteljahresschrift für Forstwesen, Jahrgang 1901. II. Heft.

vide die Waldwasserfrage im Gebirge.

142) „La Loire navigable.“ Neuvième Congrès.

Revue des eaux et forêts, Nr. 18, 1901.

vide die Ausführungen über die Wohlfahrtswirkung des Waldes.

143) „Die Kälterückfälle des Frühlings und der Wald,“ von Schiller-Tietz.

Oesterr. Forst- und Jagdzeitung. Nr. 24, 1901.

144) „Le rôle des forêts au point de vue des inondations“ par Paul Vessiot.

Revue des eaux et forêts. Nr. 19, 1901.

Als Sammelwerke, welche reichen Autorennachweis enthalten, sind endlich anzuführen:

145) „Die Geschichte der österreichischen Land- und Forstwirthschaft und ihrer Industrien.“ IV. Band, Wien 1899 und zwar:

„Die forstliche Literatur“ von L. Dimitz, k. k. Ministerialrath im Ackerbau-Ministerium. Speciell die Autorenangabe über die Wald-, Wasser- und Waldschutzfrage sowie forstliche Meteorologie.

„Die Wildbachverbauung“ von Ferdinand Wang, k. k. Forstrath im Ackerbau-Ministerium.

146) „Oesterreichische Land- und Forstwirthschaftliche Bibliographie,“ von Arthur Freiherr von Hohenbruck, k. k. Sectionschef a. D. Wien, 1899.

vide die Autorenangabe über Wildbachverbauung und forstliche Meteorologie.

Druck von August Pries in Leipzig.

Grundriss

der

Wildbachverbauung.

Von

Ferdinand Wang,

k. k. Forstrath, a. ö. Professor der k. k. Hochschule für Bodencultur in Wien,
Ritter des kais. österr. Franz Joseph-Ordens etc.

Zweiter Theil.

Mit 85 Abbildungen und 179 Figuren im Texte.



Leipzig
Verlag von S. Hirzel
1903.

Das Recht der Uebersetzung ist vorbehalten.

Druck von August Pries in Leipzig.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Angewandter Theil.

V. Abschnitt. Das System und die Lehre der Wildbachverbauung . 3
Geschichtliche Entwickelung 3
Grundzüge des Verbauungssystemes 29
Das System nach Schindler 42

VI. Abschnitt. Die baulichen Vorkehrungen 52
Einschränkung der Thalfahrt von Verwitterungsprodukten . . 52
Vorkehrungen gegen Bergstürze und Steinschläge 53
Vorkehrungen gegen Gletscher 66
Vorkehrungen gegen Lawinen 76
Einschränkung der Erosion, der Corrosion und der Unterwühlung 97
Vorkehrungen gegen Erosion und Corrosion 97
Vorkehrungen gegen Unterwühlung 165
Vorkehrungen gegen Murbrüche 187

VII. Abschnitt. Die kulturellen und wirthschaftlichen Vorkehrungen 199
Die Berasung 199
Die Aufforstung 213
Die Aufforstung brüchiger Hänge 213
Die Aufforstung der Verlandungen und der Rinnsale 233
Die Aufforstung von Lawinenstrichen, Schutthalten, Schuttkegeln, von Schotter- und Sandflächen 236
Die Aufforstung von sonstigem Kultur- und Oedland 242
Die Regelung der Wirthschaft im Wildbachgebiete 253
Die wirthschaftlichen Vorkehrungen allgemeiner Natur. 253
Die Waldwirthschaft 257
Die Alpen- und Weidewirthschaft. 265
Die Schaffung und Instandhaltung geregelter Gerinne 288

VIII. Abschnitt. Die gebräuchlichsten Baumittel 293
Die Thalsperren 293
Zweck, Geschichtliches, Wahl der Baustelle, Wahl des Baumateriales und allgemeine Konstruktionsgrundsätze 293
Das Ausmaß der Thalsperren 314
Die Ausführung der Thalsperren 324
Die Grundschwellen 344
Die Uferschutzbauten 357

Seite
Die Entwässerungsanlagen 377
Die Herstellung geschlossener Gerinne 382
Die Bestimmung der Abflussmengen 383
Die Bestimmung der mittleren Wassergeschwindigkeit 386
Die Bestimmung der Querprofile 393
Die Regeln der Bauausführung 399
Projekt und Kostenvoranschlag 403
A. Steinbauten 408
B. Stammholzbauten 410
C. Bauten aus Flecht- und Faschinenmateriale 410
D. Skarpierung, Entwässerung, Lehnenbindung 414
E. Berasungen, Aufforstungen 415
IX. Abschnitt. Die Wildbachverbauung in den einzelnen Kulturstaaten 417
Oesterreich-Ungarn 418
Gesetzliche Grundlage und Einrichtung des Dienstes 418
Die bisherigen Leistungen auf dem Gebiete der Wildbachverbauung 424
Die Verwendung von Sträflingen und Zwänglingen bei Wildbachverbauungen 425
Die auf die Wildbachverbauung in Oesterreich Bezug habenden Gesetze vom 30. Juni 1884 433
Frankreich 444
Schweiz 452
Italien 455
Deutschland 460
Russland 469
Griechenland 470
Spanien 471
Japan 471
Die Frage der internationalen Behandlung der Wildbachverbauung 475
Schlusswort 480

Berichtigung.

Seite 288, in Fußnote 252 soll es heißen: statt „1889“, „1898“.

Angewandter Theil.

V.

Das System und die Lehre der Wildbachverbauung.

Geschichtliche Entwickelung.

Wie auf vielen technischen Gebieten, so entwickelten sich auch auf jenem der Wildbachverbauung das moderne, auf wissenschaftlicher Grundlage fußende System und die Lehre aus der vorerst nur empirisch angewandten Methode.

Strenge genommen kann behauptet werden, dass System und Lehre erst während der letztverflossenen 50jährigen Zeitperiode, die mit dem Aufschwunge der technischen Wissenschaften zusammenfällt, wissenschaftlich begründet wurden, und dass sich insbesondere die letztere, die Lehre, innerhalb dieser Zeit ganz wesentlich ausgebaut hat.

Es wird angenommen, dass in früheren Zeiten die Ansicht vorgeherrscht habe, die Aufgabe des wissenschaftlich gebildeten Technikers endige an der Mündung der Wildbäche mit ihrer Fassung und Zuleitung zu dem betreffenden Hauptgewässer, denn die Durchführung aller anderen, damals in ein eigentliches System nicht zusammengefassten, im Niederschlagsgebiete allenfalls vortheilhaft in Anwendung kommenden Maßnahmen war zumeist entweder den gefährdeten Anrainern oder aber Empirikern überlassen.

Es kann nicht wundernehmen, dass angesichts dieser irrigen öffentlichen Meinung die Verbauung der Wildbäche jahrhundertelang vernachlässigt wurde, und dass man erst dann an dieselbe ernstlich zu denken begann, als sie als unerlässliche Voraussetzung der Flussregulierung erkannt werden musste.

Wie bereits in der Einleitung zum allgemeinen Theile dieses Buches hervorgehoben wurde, war die schädliche Wirkung der

Wildbäche allerdings schon den alten Kulturvölkern wohl bekannt, doch dachte man zu jenen Zeiten an eine gründliche Besserung der Uebelstände offenbar nicht.

Wenigstens liegen keinerlei Anhaltspunkte für eine gegentheilige Anschauung vor.

Unstreitig war das Augenmerk der Kulturvölker des Alterthumes vornehmlich auf Kanalisierung, Melioration im Hauptthale gerichtet, von einem System der Verbauung der Seitenthäler, der Wildbäche, konnte wohl keine Rede sein.[147])

Die Thalsperre, heute ein wichtiger Behelf der Wildbachverbauung, hat im Alterthume gewiss vornehmlich nur dem Zwecke der Ermöglichung zweckmäßiger Bewässerung gedient. Der See Möris in Aegypten, der Sage nach von König Möris angelegt, besonders aber von König Amenemhet III. (etwa 2000 v. Chr.) gepflegt, war ein mit Hilfe einer Thalsperre bewirkter Wasserbehälter, der zur Aufspeicherung des überschüssigen Ueberschwemmungswassers des Nil gedient haben soll.

Wenn auch schon Plato im sechsten Buche seiner Gesetze für die Anlage von Thalsperren und Entwässerungsgräben eingetreten ist, so waren diese Maßregeln gewiss mehr auf Ermöglichung ausgiebiger Bewässerung der Thalgründe, Regulierung der Flussläufe, als auf Wildbachverbauung gerichtet.

Es kann darauf aus dem Wortlaute der betreffenden Stelle geschlossen werden, welche heisst: „Man muss dafür Sorge tragen, dass die Gewässer von Zeus her, welche von den Höhen in tiefe Gebirgsschluchten hinabstürzen, dem Lande nicht schaden, sondern nützen. Aus diesem Grunde sind ihre Austrittstellen mit Querbauten und Gräben abzuschließen, welche, indem sie die Gewässer von Zeus aufnehmen und aufsaugen, für die unterhalb gelegenen Aecker und sonstigen Orte, Bäche und Quellen schaffen und somit die trockenen Gelände in viel und gut bewässerte umwandeln."

In gleicher Weise gibt das Studium der Kulturgeschichte des Mittelalters und der neueren Zeit keinerlei Anhaltspunkte, aus welchen auf eine systematische Thätigkeit auf dem Gebiete

---

147) „Die Entwickelung des Kulturingenieurwesens von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart." Inaugurationsrede des Rectors der Hochschule für Bodenkultur, Prof. Adolf Friedrich, Wien 1900.

der Wildbachverbauung zu jenen Zeiten geschlossen werden könnte.

Allerdings hat die verderbenbringende Thätigkeit der Wildwässer sicherlich schon damals den Menschen veranlasst, zu Gegenmaßregeln zu greifen, die aber die Gefahr auf vielleicht kürzere oder selbst längere Zeit zu bannen, nicht aber sie auch dauernd zu beheben im Stande waren.



Abbildung Nr. 1. Bretterwandbach bei Windisch-Matrei, Tirol.

So ist es eine bekannte Thatsache, dass sich in Tirol schon im 15. Jahrhunderte Genossenschaften, sogenannte „Leegen" zur Abwehr der Gefahr durch Wildwässer gebildet hatten, und ebenso bekannt ist, worin die Gegenmaßregeln in diesem Lande und auch in anderen Gebirgsländern zu jenen Zeiten bestanden haben.

In erster Linie war das Bestreben vorherrschend, sich durch Herstellung von seitlichen Bauten, Ufermauern, vor der Wucht des Elementes zu schützen; in selteneren Fällen sollte durch die

Anlage größerer Thalsperren, zumeist am Ausgang der Wildbachschluchten, beträchtliche Materialstauung bewirkt und so die Gefahr der Verschotterung möglichst gebannt werden.

Zahlreich, insbesondere in Tirol, sind die Beispiele für die Herstellung von Ufermauern im Unterlaufe der Wildbäche, wie eine solche Anlage den Abbildungen Nr. 1 und 2 zu entnehmen ist, und lehrreich ist der in das Jahr 1537 fallende



Abbildung Nr. 2. Bretterwandbach bei Windisch-Matrei, Tirol.

erste Bau der „Pontalto-Sperre“ in der Fersina bei Trient in Südtirol.

Bereits im Jahre 1427 und zwar auf Grund des Rescriptes des Fürstbischofs Alexander von Trient, vom 5. September genannten Jahres, bildete sich eine Gesellschaft von Uferanrainern, eine Leege, behufs Durchführung von Schutzmaßregeln gegen die Verheerungen der Fersina, nachdem schon früher die Bevölkerung vergebliche Anstrengungen gemacht hatte, durch Anlage von Dämmen längs der Ufer dem Uebel vorzubeugen. Die genannte

Sperre wurde im Jahre 1537 über Auftrag und unter der Regierung des damaligen Fürsterzbischofs von Trient, Cardinal Bernardo Clesio und zwar vorwiegend aus Holz, zu dem Zwecke erbaut, um die Stadt Trient und das anliegende Gelände vor den bedeutenden, durch die Fersina geführten Geschiebemassen zu schützen; fünf Jahre später, 1542, fiel dieser Bau dem Hochwasser zum Opfer. Im Jahre 1550 wurde diese Thalsperre in Trockenmauerung aufgeführt, brach aber 1564 wieder zusammen; 1611—1613 wurde sie das drittemal bis zu einer Höhe von 20 m aus Stein erbaut. Bald aber war es geboten, sie ein viertes Mal wieder aus Stein zu reconstruieren, in welchem Zustande sie dann bis 1686 hielt. Im ganzen wurde dieser Bau, welcher heute eine Höhe von über 35 m hat, 6 mal zerstört, somit 7 mal neu errichtet. Unberechenbar ist der mit seinem Bestande verbundene Kostenaufwand. Noch im Jahre 1885 sah man sich der erhöhten Sicherheit wegen genöthigt, eine kostspielige Vorsperre zu errichten. Ueber diesen lehrreichen Bau geben die in den Fußnoten [148], [149]) enthaltenen Abhandlungen genauen Aufschluss.

Den Wert derartiger Maßnahmen richtig zu beurtheilen, lehrt ihre Wirkung.

Was zunächst die Anlage von Schutzdämmen anbelangt, so war dieselbe mangels anderer damals vermuthlich bekannt gewesener Baumittel sicherlich eine unabweisliche Nothwendigkeit, doch kann ihr die Eigenschaft einer Verbauungsmaßregel nicht zugesprochen werden, zumal unter Verbauungsmittel denn doch nur jene Maßnahmen verstanden werden können, die auf den bösartigen Charakter des Wildbaches günstig einzuwirken im Stande sind. Im Gegensatze hiezu hat aber das Eindämmen der Wildbäche gewiss in vielen Fällen zur Erhöhung der Bachsohle geführt, aus welch' letzterer die gefährlichsten Folgen erwuchsen.

Die irrige Meinung, dass durch Erweiterung des Rinnsales die Gefahr der Bachausbrüche vermindert werde, also die Furcht vor der Gewalt des Wildwassers im verengten oder selbst im Normalprofile, hat die Anrainer veranlasst, dem Bache innerhalb

148) „Der Gebirgs-Wasserbau (Flussregulierung und Hauptschlucht-Verbauung) im alpinen Etschbecken und seine Beziehungen zum Flussbau des oberitalienischen Schwemmlandes;" von Alfred Ritter Weber von Ebenhof, Wien 1892.

149) „Die Aufgaben der Gewässer-Regulierung, Wildbachverbauung und Wasserverwaltung in Oesterreich mit besonderer Berücksichtigung der Alpenländer"; von Alfred Ritter Weber von Ebenhof, Wien 1886.

der Uferbauten, zumeist Mauern, einen in der Regel zu großen Spielraum einzuräumen. Da nun gleichzeitig zur Zurückhaltung des Geschiebes im Thalinnern nichts oder doch nur Unzureichendes geschah, musste innerhalb der so versicherten Bachstrecke eine stetige und zunehmende Materialablagerung stattfinden.

Die Folge davon war die Nothwendigkeit allmählicher Erhöhung der Ufermauern, die übrigens im Falle von Bachverwerfungen



Abbildung Nr. 3. Die Avisio-Sperre bei Lavis, Tirol.
Nach einer Photographie von G. B. Unterveger in Trient.

nicht selten auch unterfangen werden mussten, war weiters die Bildung des so gefahrdrohenden, heute vielfach zu beobachtenden, in den Abbildungen Nr. 1 u. 2, Seite 5 und 6, ersichtlichen Höhenunterschiedes zwischen der Wildbachsohle und dem umliegenden Gelände. Es ist deshalb unzweifelhaft, dass eine solche Schutzmaßregel, weil an und für sich nicht zweckentsprechend durchgeführt und weil nicht von anderen Maßnahmen begleitet, nur allzuoft zur Verschlechterung der Bachverhältnisse beitragen musste und thatsächlich auch beigetragen hat.

Was die Errichtung von Thalsperren, sei es auch großer Kunstbauten, wie jener bei Pontalto, zum Zwecke der Zurückhaltung des Geschiebes anbelangt, — die Abbildung Nr. 3, Seite 8, zeigt einen in die neueste Zeit fallenden derartigen Bau —, so muss dieselbe unter allen Umständen als ein Schritt nach vorwärts, ja als der Beginn eigentlicher Verbauungsthätigkeit bezeichnet werden.

Die Beurtheilung der Anlage nach Oertlichkeit, Umfang, Erfolg und Kostenaufwand, kommt hier nicht in Betracht; sie muss dem gegebenen Falle vorbehalten bleiben.

Sicherlich musste aber die unzweifelhafte Unzulänglichkeit der erwähnten Maßnahmen einerseits und die immer mehr und mehr wachsende Gefahr anderseits, die Nothwendigkeit gründlicher Abhilfe erkennen lassen.

Zunächst waren es gewiss die zu Ende des 18. Jahrhunderts eingetretenen außerordentlichen Hochwasserschädigungen, welche die Nothwendigkeit des wirksamen Einschreitens diesmal besonders augenfällig darthaten und zu literarischer Thätigkeit aufmunterten. Es seien in dieser Richtung die Schriften von Eberenz[150]), Dr. Zallinger[151]), Fabre[9]) genannt. Insbesondere ist aber das Erscheinen des Werkes von Freiherrn von Aretin:[152]) „Ueber Bergfälle und die Mittel, denselben vorzubeugen oder wenigstens ihre Schädlichkeit zu vermindern," auf die in Tirol in den Jahren 1789 und 1807 eingetretenen großen Hochwasserverheerungen zurückzuführen. Wird auch der Werke von Lecreuls[153]) und von Dugied[154]) Erwähnung gethan, so sind damit jene ersten größeren literarischen Arbeiten der neueren Zeit genannt, welche auf die Entwickelung des Wildbachverbauungswesens allenfalls von Einfluss sein konnten.

Dr. Zallinger, Priester zu Thurn, „Doctor der Weltweisheit" und Professor der Physik an der Universität in Innsbruck, spricht sich im allgemeinen gegen die ausnahmslose Herstellung von großen Thalsperren als Materialstauwerke aus, welchen er große

150) „Wasserbaukunst an reißenden Flüssen"; von Eberenz, Freiburg 1767.

151) „Abhandlungen von den Ueberschwemmungen in Tirol"; von Dr. Zallinger, Innsbruck 1779.

152) „Ueber Bergfälle und die Mittel, denselben vorzubeugen oder wenigstens ihre Schädlichkeit zu vermindern"; von Freiherrn von Aretin, Innsbruck 1808.

153) „Recherches sur les rivières;" von Lecreuls, Paris 1804.

154) „Projet de boisement des Basses-Alpes"; von Dugied, Paris 1819.

Kosten, sowohl bezüglich der Herstellung als der Erhaltung zuschreibt; auch glaubt er, dass man selten sehr geeignete Baustellen für derartige Bauten finde und dass nach Ausfüllung derselben mit Material deren Zweck illusorisch werde. Dagegen legt er das Hauptgewicht auf die Erweiterung des Wildbachbettes im Hauptthale, auf die Schaffung von Krümmungen des Bachlaufes behufs Verminderung der Kraft des Wassers, weiters auf die schiefwinkelige Einmündung der Bäche in das Hauptgewässer, auf die Räumung des Bachbettes und die Verwendung des gewonnenen Materiales zu Uferdämmen, auf die Befestigung der Ufer durch Anzucht von Sträuchern und Bäumen, endlich auf die Erhaltung des Waldstandes an den Lehnen und Ufern der Wildbäche und beantragt in letzterer Beziehung die Erlassung von entsprechenden forstpolizeilichen Maßregeln. Er schreibt nämlich die großen Wasserschäden meistentheils dem „Aushacken von Sträuchern, Bäumen und Waldungen“ zu. Er schlägt vor, es möge verordnet werden, dass jeder zehnte Baum stehen zu bleiben habe, „oder dass nur der zeitlichste oder schlechteste, so am wenigsten geraten, oder wo er wegen gar zu großer Dicke sich selbst an dem Wachsthum hindere, zum Aushauen erwählt werde.“

Vielleicht angeregt durch diese Abhandlung Zallingers, erließ im Jahre 1788 der damalige Gouverneur von Tirol, Wenzel Graf von Sauer, einen Aufruf, welcher die Belehrung der Bevölkerung hinsichtlich der Hintanhaltung von Wildwasserschäden bezweckte, und welcher, weil er die damaligen Anschauungen am besten wiedergibt, in der Hauptsache nachstehend bekannt gegeben werden soll. In demselben werden wörtlich die folgenden Mittel in Antrag gebracht:

„Wenn Wildbäche Gegenden durchkreuzen, bei welchen nicht verhindert werden kann, dass solche Schotter, Steine oder Hölzer mit sich schleppen, so dürfte es Hilfe bringen, wenn:

A. der Bach in hölzerne Rinnen (hier zu Lande Schusstennen genannt) geleitet und fortgeführt wird.

B. Die Menge Holz, welche diese Anstalt erfordert, wird solche in manchen Orten nicht ausführbar machen; es dürfte also die nämliche Wirkung zu hoffen sein, wenn die Seitenwände mit Steinen versichert und nur das Bett des Rinnsales mit Holz belegt wird.

C. Auch dabei würde vielleicht eine Holzersparung sich erreichen lassen, wenn man da, wo das Wasser einen hinreichenden

Fall hat, das Bett auf eine vorsichtige Art dergestalt mit Steinen ausmauerte, dass keine Ungleichheiten und Fugen beständen und nur dort, wo der Fall geringer ist oder in gewissen Entfernungen, das Bett mit Holz in der Länge von ein oder höchstens zwei Brettern (Latten) belegt würde, um den Schotter, die Steine u. s. w. (das grobe Zeug), welche das Wasser mit sich führt, durch die mehrere Glätte, die das Holz vor dem Steine besitzt, desto sicherer hinabrollen zu machen. Allerdings scheint die Hoffnung nicht unbegründet, dass dort, wo dieses Mittel sich anwenden lässt, für die Zukunft wahre Hilfe verschafft werden könne.

D. Ueberhaupt aber ist darauf zu sehen, dass den Wildbächen ein angemessenes, hinlänglich breites Bett verschafft werde; solche auch so viel als möglich gerade gezogen und ihnen, so wie sie die Berge verlassen, also gleich, auch allenfalls durch Wehren, wenn es erforderlich sein sollte, jene Leitung gegeben werde, welche nach der Länge und nach dem Urtheile der Werkverständigen die meiste Sicherheit zu verschaffen im Stande ist.

Wenn Bäche theils durch öftere Anschwellungen und theils durch die von den Landeseinwohnern getroffenen Veranstaltungen, um sie in ihrem alten Rinnsale zu erhalten, ein so hohes Bett bereits überkommen haben, dass solches höher, als das rechts oder links liegende Land ist, so dürften vielleicht folgende Vorkehrungen an manchen Orten rathsam sein, als:

A. Einige Zeit vorher, als gewöhnlich die Gewässer anzuschwellen pflegen, ist das grobe Zeug, welches in dem Rinnsale liegt, locker zu machen, und sind besonders die großen Steine, welche eingesandet wären, hinwegzuschaffen; kommt dann das große Wasser, so sind so viele Leute, als hiezu erforderlich und es thunlich ist, aufzubringen, diese haben die Steine, Schotter u. dergl. durch schickliche Werkzeuge beweglich zu machen und hiedurch dem Wasser die Gelegenheit zu verschaffen, solche hinwegzuführen; vorzüglich ist hiebei Bedacht darauf zu nehmen, dass diese Arbeit immer am Ausflusse des Baches zuerst angefangen werde. Leute, die in diesem Geschäfte viele Erfahrung haben, versprechen sich hievon die besten Folgen und es dürfte in einer Gegend des Landes dieser Antrag noch in diesem Jahre wirklich in Ausführung gebracht werden. Sollte er auch bei der ersten Unternehmung keine vollkommen gute Wirkung haben, so ist doch gar nicht zu zweifeln, dass öftere Wiederholungen solche verschaffen werden.

B. Wenn etwa an manchen Orten dieses Mittel nicht anwendbar wäre, so dürfte vielleicht daselbst die Räumung bei kleinem Wasser wenigstens der künftigen Erhöhung des Bettes zuvorkommen, eine Veranlassung, welche dort, wo sie thunlich ist, um so mehr anempfohlen werden muss, da diese Arbeit, wenn sie nach jedem großen Wasser geschieht und von allen, denen daran liegt, dabei mitgewirkt wird, zuweilen in wenigen Tagen geendigt werden kann.

C. Zwar in wenigen, doch in einigen Orten scheint es thunlich zu sein, in dem eben bemerkten Falle dem Bache ein anderes Bett anzuweisen; jedoch ist hiebei nur mit der größten Vorsicht zu Werke zu gehen, und bei der deshalb vorzukehrenden Beurtheilung eines solchen Unternehmens ist immer ein erfahrener Ingenieur beizuziehen. Wo nun dieses geschieht, da wäre das Bett des Baches auf die bei dem ersten Punkte angemerkte Art zu behandeln.

Wenn die Berge auf ihrer Oberfläche von so mürber Art sind, dass Erde, Schotter, Steine u. dergl. bei jeder Veranlassung in die tiefer liegende Gegend hinabrollen, so scheinen folgende Mittel zwar nicht allgemein, doch an vielen Orten die Wirkung hervorzubringen, dass solche ihre Festigkeit wieder erhalten, als:

A. die Bepflanzung dieser Berge mit allerlei Baumarten. Die Gattung des Holzes muss zwar nach der Eigenschaft des Grundes gewählt, jedoch immer darauf gesehen werden, dass bei einer vornehmen könnenden Auswahl unter mehreren Gattungen jene, welche bald und viele Wurzeln schlagen, vorgezogen werden, damit die Erde ihre Verbindung, folglich jene Festigkeit erlange, welche ihr Hinabsinken zu verhindern vermögend ist.

B. Ist der Berg so beschaffen, dass man besorgen muss, dass entweder die Erde, der Schotter u. s. w. eher herabrollen, als das gepflanzte Holz Wurzel schlagen kann, oder dass die Bepflanzung mit Holz überhaupt nicht hinreichend sei, um der Erde die Versicherung zu verschaffen, so ist der Fuß des Berges oder besser zu sagen, dessen mürber Theil durch Fußmauern zu versichern, welche nach der Lage oft auch nur von gut auf einander gesetzten Steinen ohne Mörtel errichtet werden können.

C. Gleichwie aber öfters das Abhängen der Berge so anhaltend ist, dass zwar durch diese Fußmauer der untere Theil versichert, doch aber das Nachsinken der höher gelegenen Theile nicht verhindert wird, so ist in einem solchen Falle die nämliche

Arbeit, wie sie am Fuße des Berges geschehen ist, in gewissen Entfernungen auch in den höheren Gegenden fast auf die Art zu wiederholen, wie es dort, wo hier zu Lande der Weinbau besteht, mit den auf den Bergen liegenden Weingärten zu geschehen pflegt. Man misskennt zwar keineswegs, dass diese Arbeit sehr mühsam ist, allein der hievon entstehende Nutzen würde reichliche Zinsen abwerfen; auch ist es eben nicht nothwendig, dass ein solches Unternehmen in einem Jahre ganz zu Stande komme, indem es nach und nach bewerkstelligt werden kann.

D. Wo immer ein solcher Theil des Berges ist, welcher mit einer Fußmauer seine Befestigung erhalten hat, ist derselbe allsogleich mit Baumarten zu bepflanzen und müssen da, wo keine nutzbarere Holzgattung angesetzt werden könne, wenigstens am Rande, wo die Fußmauern sind, Stauden und Sträuche gepflanzt werden, damit die Erde durch die Wurzeln ihre nöthige Verbindung überkomme, folglich die Erhaltung der Fußmauern künftig erspart bleibe.

Damit in jenen Gegenden, in welchen diese schädlichen Verwüstungen sich noch nicht ergeben haben, solche auch noch künftig zurückgehalten werden, ist es erforderlich:

A. Dass, wenn Schotter, Sand oder Steine zu was immer für einen öffentlichen oder Privatgebrauch, es mag nun zu Straßen oder zu sonst andern Gebäuden sein, gebraucht werden, solche, wenn es nicht die unmittelbare Nothwendigkeit erheischt, niemals von den Bergen hinweggenommen werden. Sollte es aber nothwendig sein, dass sowohl zu diesem Ende, als auch um Straßenerweiterungen zu machen oder aus andern wichtigen Ursachen der Fuß des Berges angegriffen werden müsste, so ist zu gleicher Zeit unfehlbar eine Fußmauer, wie es bei Drittens in B angetragen worden ist, zu errichten.

B. Bei Anlegung der Holzschläge, sowie bei Abhauung einzelner Bäume, sie mögen durch Privat- oder landesfürstliche Forstämter geschehen, ist jederzeit darauf zu sehen, dass keine zu beträchtlichen Gegenden, besonders nach der Richtung, wo sie kalten nördlichen Winden ausgesetzt würden, von Bäumen entblößt werden; hauptsächlichst ist aber darauf zu denken, dass an den unteren Theilen der Berge und an jenen, so jäh abhängig, die dem Angriffe vorbeifließender Gewässer, sie mögen nun aus wirklichen oder nur von dem anhaltenden Regen entstehenden Bächen bestehen, ausgesetzt sind, immer so viele Bäume gelassen werden,

als es erforderlich ist, um für sich das Erdreich fest zu erhalten und den künftigen Nachwuchs zu sichern.

C. Wo immer eine kleine Regenrinne oder ein Bergbächlein ist, oder eine Gefahr besteht, dass ein auch noch so unbedeutend scheinender Bergbruch sich ergeben oder die Erde weggerissen werden könnte, ist nicht allein kein Holz anzugreifen, sondern da, wo kein Holzwuchs dermalen bestände, wäre vielmehr dasselbe sorgfältig anzupflanzen.

D. Auf jenen Berghöhen, welche uneben und steil sind, müssen die Aecker nur mit äußerster Behutsamkeit und Sorgfalt angelegt werden, um dadurch das Nachsinken der Erde und der locker werdenden Steine zu verhindern.

E. Bei Anlegung der Holzriesen ist alle mögliche Sorgfalt auf die Auswahl der unschädlichsten Gegend zu wenden; sollte aber dennoch die Besorglichkeit dabei eintreten, dass sie schädlich werden könnten, so sind solche gehörig zu versichern. Die Mittel hiezu können nur durch die genaue Kenntniss des Ortes und der Gegend anhanden gelassen werden; doch kann die Anwendung derselben nie viele Arbeit oder vieles Geld erfordern, da nur hie und da kleine Versicherungen an den Seitenwänden oder die Zurichtung der Riesen, durch welche das Anprallen der herabrollenden Bäume verhindert wird, und dergleichen Vorsichten hinreichend sein dürften.

Vielleicht würde es auch hin und wieder thunlich sein, dass das Holz von den Bergen im Winter vermittelst der Riesen zu einer Zeit herabgebracht würde, wenn die starke Kälte den Schnee fest und beinahe zum Eis gebildet hat.

F. Hauptsächlich soll aber jede Gemeinde ihren Bezirk wenigstens einmal des Jahres besichtigen.

Insbesondere aber hat dieselbe nach abgelaufenen großen Gewässern darauf zu sehen, ob es an einem oder dem anderen Orte nicht etwa die Berge angegriffen habe, wodurch das Nachsinken der oberhalb liegenden Erde hervorgebracht werden könnte; und wäre dieses geschehen, so ist allsogleich auf eine der oben angeführten Arten Hilfe zu schaffen. Je früher solche geschieht, mit desto wenigeren Kosten würde sie verbunden und desto sicherer wirkend würde sie sein. Nur einige, bloß wenige Tage währende Arbeiten (Tagschichten) und kleine, mit den immer in solchen Fällen sich vorfindenden Steinen geschehen könnende Versicherungen der beschädigten Theile werden öfter seiner Verwüstung

zuvorkommen, welche später zuweilen durch jahrelange Arbeiten kaum mehr zurückgehalten oder ihr abgeholfen werden könnte.

G. Endlich ist bei jenen Bächen, so wie auch bei den Flüssen, welche zu den Holzschwemmen (Holztriften) verwendet werden, die möglichste Sorgfalt anzuwenden, und obschon durch die größeren Herbstwässer das Holz geschwinder fortgebracht wird, so ist doch auch die Gefahr wegen des öfters in den Gebirgen früher fallenden und folglich leicht wieder schmelzenden Schnees ungleich größer, daher es am rathsamsten sein dürfte, die Holztrift, wo es thunlich ist, in jener Jahreszeit anzuordnen, in welcher gewöhnlicherweise die Ueberschwemmungen am seltensten sind. Zu jeder Jahreszeit scheint es unumgänglich nothwendig zu sein, dass die Vorsehung getroffen werde, dass nach Maß, als das Holz in die Trift eingeworfen wird, solches am Rechen wieder ausgezogen werde; damit ja nicht viel Holz dort liegen bleibe, und solches bei unvermutheten Ueberschwemmungen die Gefahr und den Schaden vergrößere".

Dies der hauptsächlichste Inhalt des Aufrufes von Sauer. Wären die vielen goldenen Worte, die er enthält, im Laufe der Zeit nur theilweise beherzigt worden, so hätte manchem Uebel vorgebeugt werden können.

Dieser Aufruf, sowie der Inhalt der Schrift Zallingers zeigen übrigens deutlich, dass der günstige Einfluss der Bewaldung der Wildbachquellgebiete auf die Hintanhaltung von Wildwasserverheerungen schon in jenen Zeiten entsprechend gewürdigt wurde.

Bald darauf hat Fabre, Chef-Ingenieur des Departement Var, in seiner im Jahre 1797 erschienenen, der französischen Akademie der Wissenschaften vorgelegten Schrift „Essai sur la théorie des torrents et des rivières" auf die Nothwendigkeit hingewiesen, die Wildbäche durch Walderhaltung und Wiederbewaldung der Gebirgsböden unschädlich zu machen. Als Folge dieser Schrift erschien 1797 auf Kosten des Staates das bereits mehrfach bezogene Werk Fabres [9]) gleichen Titels und ähnlichen Inhaltes. Fabre erklärt hierin, es sei die Ursache der Wildbachbildung auf die Zerstörung der Gebirgswälder zurückzuführen, hebt namentlich die Schädlichkeit der Ziege im Walde hervor, und spricht sich gegen die Waldrodung aus. Die technischen Maßnahmen sollen an den Ursprung der Bäche verlegt werden.

In der Entwickelung schon weit vorgeschrittene, zu tief eingeschnittene Wildbäche, dann solche, die ihr Material vorwiegend als Verwitterungsproduct von höher gelegenen Felspartien, sowie durch das Schmelzen des Schnees und der Gletscher erhalten, sollen von der Verbauung ausgeschlossen werden. Behufs Beruhigung der unterwühlenden Wildbäche empfiehlt Fabre, die bautechnischen Maßnahmen an deren Ursprung zu verlegen und hiebei folgendermaßen vorzugehen: In kurzen Abständen habe man eine Anzahl von Pflöcken quer über das Runsen- oder Bachbett in den Boden einzutreiben und dieselben mit Rauhbäumen und Astwerk zu verflechten, das Ganze jedoch mit Steinen zu beschweren. Nach Maßgabe der erfolgten Hinterfüllung sollen diese Werke so lange erhöht werden, bis das Bach- oder Runsenbett vollkommen ausgefüllt ist. Um einer neuerlichen Vertiefung vorzubeugen, müsse das so erhöhte Bachbett mit Strauch- und Holzwerk bestockt und gebunden werden. Es ist dies ein Verfahren, wie es grundsätzlich ähnlich, 40 Jahre später bei Verbauung der Niederurner Runse im Kanton Glarus mit Erfolg in Anwendung kam und unter dem Namen „System Jenny" bekannt wurde. Das Auffallende, wenn so gesagt werden kann, der Anschauungen Fabres ist, dass er vor gewissen Wildbächen die Flagge streicht und strenge genommen eigentlich nur die Runsenverbauung, soweit bautechnische Mittel in Frage kommen, in Betracht zieht.

Der Wasserbaudirector für Tirol, Freiherr von Aretin, nahm nach eingehenden Studien, die er in den Jahren [illegible] und 1807 [illegible] grossen Wasserverheerungen zum Anlasse der Verfassung des bereits [illegible] angeführten Werkes, in welchem er schon im wesentlichen die heute herrschenden Anschauungen und die Grundsätze der Wildbachverbauung vertritt, die Wichtigkeit der Verbauung im Quellgebiete der Wildbäche hervorhebt und die Nothwendigkeit gesetzlicher Maßnahmen zum Gegenstande [illegible].

[illegible] den Umstand, dass die Breite des Bachbettes [illegible] eine grosse Ablagerung [illegible] Wildbachverbau[illegible] besonderen Commission [illegible] Wasserbau[illegible] [illegible] bedingungen Kalte

zusammengesetzt sein soll, welcher die Angelegenheiten der Gemeinden zu besorgen hat, übertragen wissen. Diese Person oder Commission nimmt die Berichte der Wasserbauinspectoren in technischen, der Forstbeamten in forstlichen und der Polizeibehörde in Sachen der Landespolizei entgegen. Die Aufsicht über sämmtliche Gebirgsbäche wird nach Inspectionen und Bezirken vertheilt, so dass mehrere der letzteren zusammen eine Inspection bilden.

Einen Bezirk denkt sich Aretin im allgemeinen auf ein ganzes Thal ausgedehnt, woselbst je ein Localaufseher oder Baumeister unter Leitung der Inspection anzustellen ist. Die Verbauungen geschehen durch Beiträge in Geld oder in Arbeit. Solche Beitragsbezirke, die schon genannten Leegen, bestanden in Tirol bereits zu Aretins Zeiten, befassten sich aber doch vorwiegend nur mit Thallaufregulierungen.

Bei Behandlung des technischen Theiles wirft Aretin die Frage auf, ob das Geschiebe in den Fluss abzuleiten oder womöglich im Bache selbst zurückzuhalten sei, und vertritt die letztere Meinung. Er empfiehlt in die Bäche Rauhbäume einzulegen, um die Kraft des Wassers zu brechen; Flechtwerke an den Ufern zu errichten, damit die Hänge befestigt werden; Wandbeschlächte aus Faschinen und mehrere kleine Sperren am Ursprung der Bäche auszuführen. Steile Hänge wären auf 45° abzuböschen und zu begrünen.

In den Thälern will Aretin die Bäche durch Schusstennen leiten, um die Wasser- und Schuttmassen rasch abzuführen. Ist es möglich, den Wildbach in einen See zu leiten, so soll dies geschehen.

Auch Aretin ist gegen die senkrechte Einmündung der Wildbäche in das Hauptgewässer; auch er ist auf die Eindämmung der Bäche mit Mauern im Unterlaufe und auf den Schuttkegeln schlecht zu sprechen.

Großes Gewicht legt er auf den Holztransport im Gebirge, da nach seiner Ansicht Erdgefährte zu Runsenbildungen Anlass geben. Er empfiehlt Herbst- oder Winterfällung, Transport per Achse, warnt vor dem Ueberhalten überständigen Nadelholzes im Gebirge, besonders an den Ufern der Bäche, weil diese dem Winde Anhaltspunkte geben und zur Lockerung des Bodens beitragen können. Er verwirft die Rodung und empfiehlt sofortige Aufforstung von Blößen jeder Art. Er sagt: „die einzige Asse-

curanz in Tirol gegen Bergfälle besteht in einer guten Forstkultur und in guten Polizeianstalten. Eine thätige Regierung muss weit mehr darauf bedacht sein, die Quellen des Uebels zu verstopfen, als bei einem wirklich erfolgten Uebel den Schaden wieder zu ersetzen."

Die von Aretin beabsichtigte Bearbeitung des rein technischen Theiles der Wildbachverbauung unterblieb und es füllte der Tiroler Baudirections-Adjunct Josef Duile durch sein im Jahr 1826 in erster Auflage erschienenes Werk: „Ueber Verbauung der Wildbäche in Gebirgsländern"[6]), diese Lücke aus. Unzweifelhaft war Josef Duile der erste, der in diesem seinen Werke die Aufgaben der Wildbachverbauung in ein System klar zusammenfasste und die Mittel zur Unschädlichmachung in ziemlich eingehender Weise angab.

Nachdem Duile so eigentlich als der Ausgangspunkt der systematischen Wildbachverbauung anzusehen ist, so soll der die Gegenmaßregeln betreffende Inhalt seines im Buchhandel bereits vergriffenen Werkes nähere Erwähnung finden.

Um jedoch in der Reihenfolge der angegebenen Autoren keine Lücke zu lassen, sei vorerst noch auf die Werke von Lecreuls und von Dugied verwiesen, von welchen der erstere sich vornehmlich mit der vorbesprochenen Abhandlung Fabres[9]), die er im allgemeinen günstiger Kritik unterzog, beschäftigte.

Dugied, Ex-Präfect des Departements der Nieder-Alpen, hat in seiner, die Wiederbewaldung der Nieder-Alpen betreffenden Denkschrift positive Vorschläge in betreff des bei der Verbauung einzuhaltenden Vorganges, insbesondere auch was die Betheiligung des Staates anbelangt, gemacht, soll aber nach Surell[10]) verspottet, und diese seine Denkschrift den „Prinzen von Tausend und einer Nacht" zur Durchführung empfohlen worden sein.

Duile nun, um auf diesen wieder zurückzukommen, äußert sich dahin, dass es seit jeher als ein Wahn angesehen wurde, der Wuth der Wildbäche mit Erfolg Schranken zu setzen. Es mag dieser Wahn aus den vielen misslungenen Versuchen mit einzelnen unzweckmäßigen, nicht zusammenhängenden und schlecht construirten Bauwerken entstanden sein. Hiezu kam der Umstand, dass die Wildbachverbauung als solche nie „bauwissenschaftlich" und nicht nach sicheren „hydrotechnischen" und Erfahrungsgrundsätzen behandelt worden sei.

Was die Mittel zur Bekämpfung anbelangt, so bezeichnet Duile die Durchführung von forstlichen Maßnahmen, welche seiner Ansicht nach das vorzüglichste Mittel zur Bezähmung der Wildbäche sind, als in erster Linie von Wichtigkeit. „An allen jenen Orten, wo Waldungen abgetrieben wurden, sollen sie wieder angepflanzt werden. Man hüte sich, die mit Holz bewachsenen und sich gegen das Thal, durch welches der Wildbach läuft, abdachenden Bergflächen abzutreiben oder zum wenigsten die größte Sorgfalt dabei ausser Acht zu lassen."

Als technische Vorkehrungen werden empfohlen:

In erster Linie die Anlage von Thalsperren, sei es einzelner solcher Objecte, sei es eines ganzen Systemes derselben, behufs Materialstauung, wohl auch behufs Verminderung des Gefälles und hiemit im Zusammenhange, Verhinderung der Erosion und Corrosion; die Versicherung der im Abbruche befindlichen Bergfüße durch Mauern oder mit Hilfe von Holz, ausschlagfähigem Gesträuch etc.; die Verbauung der im Abbruchgebiete liegenden hohen Thalwände und der Murgänge mittelst Flechtwerken oder auch Stützmauern; das Abflachen steiler Uferwände oder Unterschlagen mit „Rasenmauern"; die Entwässerung der Bergseiten und die Ableitung der Wildbäche von der Ausmündung der Thäler durch das offene, fruchtbare Gelände, letzteres bei möglichst gestrecktem Laufe, weder zu breitem noch zu eingeengtem Rinnsale und Einmündung in den Recipienten unter möglichst kleinem Winkel.

Duile bemerkt hiezu: „Es wird selten einen Fall geben, wo nicht alle vorgeschlagenen Bauarten, jede an ihrem Platze, zur Verbauung des nämlichen Wildbaches im Gebirge die zweckmäßigste Anwendung finden. Alle müssen miteinander in Verbindung stehen, sich wechselseitig unterstützen, denselben Zweck verfolgen und dadurch nur ein Ganzes bilden."

Auch Duile ist gegen das Eindämmen der Wildbäche im Unterlaufe, was aus der folgenden Stelle hervorgeht: „Wären demnach jene Tausende, welche, um aus den vielen Beispielen nur ein einziges Beispiel anzuführen, die beiderseitige Verplankung der Fersina von Ponte Cornichio bis in den Etschstrom gekostet hat, zur Verbauung des Fersina-Thales im Gebirge und seiner Nebenthäler zweckmässig verwendet worden, so würde die Stadt Trient mit ihrer so schönen und fruchtbaren Umgebung auf immer vor Verwüstungen gesichert sein und noch den Vortheil

erhalten haben, den Wildbach vom Ausgang des Thales bei Ponte Cornichio bis in die Etsch mit einem kleinen Kostenaufwande ableiten zu können."

Als Bauweise empfiehlt Duile für kleinere Wildbäche die muldenförmige Auspflasterung der Rinnsale und Uferseiten mit thunlichster Anwendung von Holzrost; nur ausnahmsweise sollen hölzerne Gerinne in Anwendung kommen. Ferner ist die Befestigung der Böschungen mit Faschinenwerken, Flechtzäunen, Rasenbelag und Steinbauten, im gegebenen Falle bei gleichzeitiger Herstellung von Sohlensicherungen zu beachten.

Bei größeren Wildbächen soll der Hauptsache nach die Errichtung von Uferschutzbauten, welche durch Befestigung der Sohle mittelst Schwellen gegen die Gefahr der Unterwaschung zu sichern wären, ins Auge gefasst werden.

Schon diese kurze Aufzählung der von Duile empfohlenen Mittel zur Bekämpfung der Wildbäche lässt erkennen, dass sein System unbestritten als auf der ersten Stufe der modernen Verbauungstechnik stehend angesehen werden muss. Dass in diesem seinen Systeme der Thalsperre eine wesentliche Rolle zugedacht war, ist mit Recht oder Unrecht vielfach angenommen worden, und fast scheint das erstere zutreffend zu sein. Mit voller Sicherheit ist dies allerdings dem Buche nicht zu entnehmen. Uebrigens ist in keinem Falle auf diesen Umstand ein besonderes Gewicht zu legen.[155]).

In gewisser Beziehung gleichfalls von hervorragender Bedeutung ist das schon mehrfach bezogene, im Jahre 1838 geschriebene, im Jahre 1842 erschienene Werk des Ingenieurs Alexander Surell[10]). Sein System kann mit Recht als ein kulturelles bezeichnet werden, denn in demselben tritt die Durchführung baulicher Maßnahmen sichtlich zurück. Im ersten Theile des Werkes werden die Wildbäche des Departements der Hoch-Alpen und im zweiten Theile die dort in Anwendung gekommenen baulichen Maßnahmen, als Leitwerke, Stützmauern, Thalsperren u. a. m. beschrieben. Der dritte Theil ist der Untersuchung über die Ursachen der Wildbachbildung gewidmet, welche Surell auf geologische, topographische und meteorologische Umstände zurückführt. Das Ein-

155) Ueber Duile und dessen Wertschätzung siehe auch: „Ein Gedenkblatt für den Altmeister Josef Duile"; von Philipp Krapf, k. k. Baurath. Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Nr. 30, 1901.

wirken des Klimas unter besonderen geologischen Verhältnissen ist seiner Anschauung nach ausschlaggebend. In diesem Theile wird auch des hohen Wertes der Vegetation, besonders des Waldes gedacht und dem letzteren der an anderer Stelle, Seite 153, 1. Theil, besprochene, in vier Sätzen zusammengefasste Einfluss zugeschrieben.

Der vierte Theil ist den zu ergreifenden Maßnahmen gewidmet, die, wenn sie nicht darauf hinausgehen jedwede Unterwühlung in den Gebirgen unmöglich zu machen, als von stets zweifelhaftem Werte bezeichnet werden.

„Sohin ist man gezwungen," sagt Surell, „das Vertheidigungsfeld in das Sammelgebiet zu verlegen und dort mit Zuhilfenahme einer Vegetation, durch welche man am sichersten gegen die Wildbäche anzukämpfen vermag, an Stelle eines einfachen Vertheidigungssystemes ein doppeltes, d. h. ein solches zu setzen, das nicht nur die Bildung der Wildbäche unmöglich macht, sondern dieselben auch zum Erlöschen bringt."

„Damit stehen wir aber", fährt er fort, „vor einer ganz neuen Art öffentlicher Arbeiten, die erst im Gesetzeswege sicherzustellen, für die erst die nöthigen Geldmittel zu beschaffen und die geeignetsten Verfahren noch ausfindig zu machen sind. Ihres Erfolges sind wir aber vollkommen sicher, denn was wir hier zu unternehmen beabsichtigen, hat schon in früheren Zeiten die Natur vor uns durchgeführt und würde es gewiss auch heute noch thun, wenn wir ihrem wohlthätigen Wirken nicht hemmend in den Weg treten würden."

Um aber die in Frage stehenden Arbeiten anstandslos durchführen zu können, erscheint es nach Surells Anschauung vor allem geboten, für jeden Wildbach eine Schutz- oder Bachzone zu schaffen, durch welche der Bach durch seine äußersten Verzweigungen hinauf, gleichsam wie mit einem Gürtel eingefasst werde, dessen Breite, mit dem Gefälle und dem Zustande der Uferhänge wechselnd, anfangs ziemlich schmal, sich nach oben immer mehr und mehr erweitern müsse, um schließlich in den obersten Gebirgspartien in eine gemeinsame Region überzugehen.

Durch Erklärung der öffentlichen Nützlichkeit müsse dem Staate die Möglichkeit geboten werden, alle in dieser Schutz- oder Bachzone vorzunehmenden Vorbeugungs- und Bekämpfungsmaßregeln durchführen zu können, wie denn auch dem Staate das

Enteignungsrecht, sowie das Recht gewahrt werden müsse, die nothwendigen Maßnahmen eventuell zwangsweise verordnen zu können.

Sei einmal die Bachzone festgesetzt, und seien die dort vorzunehmenden Arbeiten und Schutzvorkehrungen sichergestellt, so handele es sich nur darum, mit Zuhilfenahme der geeignetsten Maßregeln die Vegetation auf dem ganzen Gebiete hervorzurufen. Zu diesem Zwecke müsse man zur Saat oder Pflanzung Zuflucht nehmen und dort, wo die sofortige Holzzucht nicht möglich ist, versuchen, vorerst eine Gras- oder Staudenvegetation ins Leben zu rufen.

Aber oben, wo der „Périmètre", d. i. das eigentliche Arbeitsfeld, das ganze Sammelgebiet umfasst, sei es unbedingt geboten, einen Wald zu schaffen. „Denn der Hauptzweck der Arbeiten ist in der Anlage eines Waldes gelegen, der nicht nur das ganze Sammelgebiet umfasst, sondern sich auch von Tag zu Tag mehr und mehr verdichtet, und so nach und nach selbst bis in die kleinsten Falten einzudringen vermag."

Wenn die auf solche Weise auf der ganzen Schutzzone erzeugte Vegetation von den Angriffen durch Menschen und Thiere bewahrt und entsprechend gehegt und gepflegt würde, so hätte man den doppelten Zweck, die Wässer aufgehalten und den Boden befestigt zu haben, erreicht. Um aber auch die Schaffung einer Vegetation auf die weiter unten gelegenen Uferhänge bis hinab in das Wildbachbett auszudehnen, empfehle es sich, dieselben mit kleinen Bewässerungskanälen, deren Wasser dem Wildbach zu entziehen sei, zu durchschneiden, womit man den trockenen Hängen nicht nur die benöthigte Feuchtigkeit verschaffen, sondern auch das Gefälle der Böschung brechen könne. Weiter wäre eine Anzahl von Sperren im Bachbette zu erstellen, um die Unterwaschung der Uferhänge hintanzuhalten und die Abrutschung derselben zu verhindern. Diese Sperren sollten jedoch vorwiegend aus Faschinen und Flechtwerken hergestellt werden, zu welchen ausschlagfähiges Material zu verwenden wäre. Bei einer solchen Anlage würden nicht nur die Kosten der Verbauung auf ein Minimum herabgedrückt werden, sondern es würde auch noch der weitere Vortheil erwachsen, dass diese Werke, je mehr das verwendete Material sich bewurzelt, an Festigkeit zunehmen und schließlich das Bachbett bewalden würden.

Was die Reihenfolge der durchzuführenden Arbeiten betrifft, so hätte man nicht nur in erster Linie an die Aufforstung des Sammelgebietes zu schreiten, sondern man müsste in diesem wieder die alleräußersten Verzweigungen zuerst in Angriff nehmen und nach und nach, wenn die oberen Theile entsprechend befestigt sind, nach unten zu fortschreiten.

Der Erfolg der in den oberen Regionen zuerst vorgenommenen Arbeiten würde sich nun in der Verringerung der Gewalt des Wildbaches thalwärts desselben zu erkennen geben. Die tiefer gelegenen Hänge würden minderen Gefahren ausgesetzt und die Thalsperren leichter hergestellt werden können. Es sei einleuchtend, meint Surell, dass, wenn man einmal hinab in jene Regionen gedrungen ist, wo der Wildbach sich tief eingeschnitten hat, es hier vor Allem auf die Sicherung der Uferhänge ankommt, was wohl in erster Linie durch Versicherung ihrer Füße geschehen müsste. Man hätte deshalb in diesen Theilen zuerst an die Herstellung von Thalsperren und dann erst an die Bepflanzung der so versicherten Hänge zu schreiten.

Näheres über Surell findet sich übrigens in dem Vortrage Seckendorffs: Das forstliche System der Wildbachverbauung[156]).

Es ist anzunehmen, dass Surell bei Abfassung seines Buches eine gewisse Art von Wildbächen, und zwar die Erosionsbäche im vorwiegend kahlen Boden, im Auge gehabt hat, denn bei aller Anerkennung seiner literarischen Leistung ist doch sein vorstehend skizzirtes System allgemein nicht anwendbar. Aber unzweifelhaft hat er mit diesem seinen Werke hervorragend Schule gemacht, die Lehre der Wildbachverbauung besonders in naturwissenschaftlicher Richtung erweitert, und anderen französischen Schriftstellern, so namentlich Demontzey und Thiéry den Boden für ihre gediegenen, das System weiter ausbauenden und es theoretisch begründenden literarischen Arbeiten vorbereitet.

Einen besonderen praktischen Erfolg hatten aber leider alle diese Bemühungen, unter welchen jene Duiles und Surells besonders hervorzuheben sind, sicherlich nicht. Wenn auch auf Duiles Anregung mancherlei Bauherstellungen in Tirol und vielleicht selbst in den Nachbarländern zurückzuführen sind, so waren das gewiss nur vereinzelte Fälle. Nicht anders war es in Frankreich, woselbst

156) „Das forstliche System der Wildbachverbauung“, von Prof. Dr. Arthur Freiherrn von Seckendorff. Wien 1886.

unter anderen auch der Bericht des National-Oekonomen Blanqui, welcher im Jahre 1845 an die französische Akademie der Wissenschaften in betreff der trostlosen Verhältnisse im Gebiete der Durance gerichtet war, und über welchen die Schrift Seckendorffs, „Die Wildbäche, ihr Wesen und ihre Bedeutung im Wirthschaftsleben der Völker[52]), näheren Aufschluss gibt, gleichfalls keine Wendung zum Bessern hervorzubringen vermochte.

Im selben Jahre, 1845, wurde allerdings von Seite des General-Forstdirectors im Auftrag der französischen Regierung ein die Wildbachverbauung betreffender Gesetzentwurf ausgearbeitet, und im Jahre 1847 vorgelegt, doch kam derselbe nicht zur Verhandlung. Erst die Katastrophe des Jahres 1856, bei welcher außer Menschenleben auch Werte von rund 220 Millionen Francs zerstört wurden, hatte durchgreifende Maßnahmen zur Folge.

Nach Surell sind es wieder französische, dann aber auch deutsche Schriftsteller, die sich in eingehender Weise mit der Frage der Wildbachverbauung befassten. Es seien als Verfasser größerer Abhandlungen zunächst genannt: Scipion Gras[15]), Müller[157]), Culmann[22]), Breton[124, 159]), Salis[158, 162]) Marchand[105]), Costa de Bastelica[16]), Hess[160]), Gayffier[161]) und Demontzey[14, 35, 163]).

Insbesondere die literarische, als auch die hervorragend praktische Thätigkeit des letzten Autors, der durch Jahre hindurch als Vorstand des Verbauungswesens in Frankreich thätig war und im Vereine mit Eugène de Gayffier als der Begründer diesfälliger praktischer Thätigkeit in diesem Staate anzusehen ist, kann nicht rühmend genug hervorgehoben werden. Der von gewisser Seite[155]) ausgesprochenen Anschauung, dass Demontzey in seinem bekannten, von Freiherrn von Seckendorff in das Deutsche übersetzten Werke[14])

157) „Die Gebirgsbäche und ihre Verheerungen", von F. Müller, Landshut 1857.

158) „Bericht über die Verbauung des Glemmers und größerer Flüsse im allgemeinen"; von A. von Salis, Chur 1870.

159) „Etudes sur le système général de défence contre les torrents"; von Ph. Breton, Paris 1875.

160) „Correction der Wildbäche"; von A. Hess, Halle 1876.

161) „Reboisement et gazonnement des montagnes"; von Eugène de Gayffier, Paris 1877.

162) „Das schweizerische Wasserbauwesen"; von A. von Salis, Bern 1883.

163) „Les retenues d'eau et le reboisement dans le bassin de la Durance"; von P. Demontzey, Aix 1896.

„Traité pratique du reboisement et du gazonnement des montagnes" nur einseitig gewisse, den französischen Wildbächen eigenthümliche Fälle der Erosion behandelt, und daher keinen Anspruch auf Vollständigkeit im Gegensatze zu Duiles Schrift erheben kann, kann nicht beigepflichtet werden, denn gerade Demontzey ist es, welcher als erster, wie an anderer Stelle hervorgehoben wurde, die Wildbäche der Verwitterung und die der Erosion zu dem Zwecke unterscheidet, um beide hinsichtlich der wünschenswerten Gegenmaßregeln besser beurtheilen zu können. Dagegen ist gewiss zuzugestehen, dass die von Demontzey angewendete Verbauungsart, d. i. Verminderung des Gefälles und Verbreiterung der Bachsohle durch ein System von Thalsperren, die staffelförmige Anlage lebender Flechtzäune zur Verbauung von Runsen, die Entwässerung sumpfiger Bergseiten, schon Duile angerathen hat, und dass auch einzelne von Demontzey empfohlene Typen der Thalsperren nicht in allen Fällen nachahmenswert sind.

Eine in der Geschichte des Wildbachverbauungswesens unstreitig hervortretende Erscheinung ist Arthur Freiherr von Seckendorff, welcher das oben bezogene Werk Demontzeys in das Deutsche übersetzte [164]) und sich außerdem in mehreren anderen Abhandlungen [12, 52, 156, 165, 166]) als eifriger Verfechter dieses kulturellen Zweiges bethätigte.

Im Laufe des Herbstes 1882 war bekanntlich der Südabhang der österreichischen Alpen, insbesondere der auf die Länder Tirol und Kärnten entfallende Theil derselben, der Schauplatz einer verheerenden Hochwasserkatastrophe.

Die so außerordentlich schädigende Wirkung der damals entfesselten Gewässer, welche wohl in erster Linie den abnormen Witterungsverhältnissen, nicht minder aber der hiedurch entfalteten Thätigkeit der Wildbäche zugeschrieben werden musste, hatte die Verhältnisse in den beiden so sehr heimgesuchten Ländern Tirol und Kärnten derart gestaltet, dass die dringendste

164) „Studien über die Arbeiten der Wiederbewaldung und Berasung der Gebirge"; von Oberforstmeister P. Demontzey. In das Deutsche übersetzt von Prof. Dr. A. Freiherrn von Seckendorff. Wien 1880.

165) „Ueber Wildbach- und Lawinenverbauungen, Aufforstungen etc."; von Dr. A. Freiherrn von Seckendorff. Wien 1881.

166) „Zur Geschichte der Wildbachverbauung"; von Dr. A. Freiherrn von Seckendorff, Wien 1884.

Hilfe nöthig erschien, und dass es sich unabweislich erwies, durch entsprechende Vorkehrungen solchen Ereignissen und ihren Folgen vorzubeugen.

Aehnliche, rasch auf einander folgende Hochwasserverheerungen, 1856 in Frankreich, 1868 im Süden und Südosten der Schweiz, hatten schon einige Jahrzehnte früher die Wildbachverbauung in Frankreich und in der Schweiz in Fluss gebracht, und waren es vornehmlich die im ersteren Staate mit großen Mitteln ausgeführten Verbauungen, deren Erfolg das Interesse der maßgebenden Kreise in Oesterreich umsomehr erregten, als diese schon vorher durch das im Jahre 1880 von Seckendorff in das Deutsche übersetzte, mehrgenannte Werk Demontzeys mit dem administrativen und technischen Theile der einschlägigen Einrichtungen vertraut geworden waren. Um aber den bei den Verbauungen in Frankreich eingehaltenen Vorgang nach jeder Richtung hin kennen zu lernen und um denselben allenfalls in Oesterreich verwerten zu können, unternahm im Jahre 1883 der damalige Ackerbau-Minister Julius Graf Falkenhayn, mit dessen Namen die Einrichtung der Wildbachverbauung in Oesterreich innig verknüpft ist, in Begleitung Seckendorffs eine Reise in das südliche Frankreich und insbesondere in das durch Hochwässer sehr heimgesuchte Departement der „Basses-Alpes".

Von dieser Reise kehrte Graf Falkenhayn über Tirol und Kärnten zu dem Zwecke zurück, um dort die Hochwasserverheerungen des Jahres 1882 in Augenschein zu nehmen. Die Früchte dieser, einer großen Anregung entsprungenen Reise hat Freiherr von Seckendorff in der vom Ackerbau-Ministerium im Jahre 1884 herausgegebenen Denkschrift[12]): „Verbauung der Wildbäche, Aufforstung und Berasung der Gebirgsgründe", gesammelt und darin auf die hohe Bedeutung des Gegenstandes aufmerksam gemacht. Gleichzeitig trat er damit in die Reihe jener Männer, an deren Namen sich die Einführung besonderer Maßnahmen gegen Wildbachverheerungen in Oesterreich knüpft.

Seckendorff, der mit selbständigen, schaffenden Gedanken allerdings nicht hervorgetreten ist, kann das Verdienst nicht abgesprochen werden, dass er es in vorzüglicher Weise verstanden hat, für den Gegenstand besonderes Interesse zu erregen, wozu seine ganze Persönlichkeit und der Reiz, der seinen mehrfach gehaltenen Vorträgen eigen war, viel beitragen mussten. Seckendorff trat mit allem Eifer dafür ein, dass in Anbetracht

der unbestritten hohen Bedeutung, welche der Wiederbewaldung im Wildbachgebiete zukommt, der Forsttechniker, ähnlich wie dies bereits in Frankreich geregelt war, auch in Oesterreich mit der Durchführung der Verbauungsmaßregeln zu betrauen sei. Namentlich dieses Eintreten und die abfällige Kritik, die er, sicherlich unberufen, an einigen bautechnischen Arbeiten übte, brachten manchen Federstreit mit sich.

So hat Seckendorff in der bezogenen Denkschrift[12]) Anlass genommen, den Bau der mehrgenannten „Pontalto-Sperre", dann den in die Jahre 1880—1886 fallenden Bau der Sperre bei St. Giorgio im Avisio-Gebiete bei Lawis in Südtirol, Abbildung Nr. 3, Seite 8, welche Sperren, ohne Durchführung eigentlicher Verbauungen im Thalinnern, am Ausgange der betreffenden Wildbachschluchten errichtet wurden, einer im gewissen Sinne abfälligen Kritik zu unterziehen.

Den Tenor der Seckendorff'schen Anschauung bildet die zwischen den Zeilen zu lesende Behauptung, es werden solche Objekte, trotz ihrer hohen Baukosten, nicht im Stande sein, die Gefahr dauernd zu bannen, so lange nicht an eine ausreichende Beruhigung der Wildbäche im Inneren geschritten wird.

Wenn dem genannten Autor auch diesfalls vollkommen beizustimmen ist, so kann doch anderseits seiner von Weber von Ebenhof[149]) widerlegten Meinung nicht so ganz beigepflichtet werden, dass, wie speciell die Avisio-Sperre betreffend bemerkt wird, diese fraglos überflüssig geworden wäre, wenn man durch entsprechende Maßnahmen die Materialführung der Seitenbäche des Avisio behoben hätte.

Die Wildbachverbauung ist, wie Salis richtig bemerkt, nicht eine in kurzer Zeit zu lösende Aufgabe, und während ihrer Durchführung kann es nöthig werden, zum vorläufigen Schutz größere Thalsperren an geeigneten Punkten zu errichten, dies namentlich bei den Wildbächen der Verwitterung, wo ja die Thalsperre eigentlich als das einzige, besonders wirksame, bauliche Mittel anzusehen ist.

Wenn also der Bau der beiden genannten Sperren einerseits nicht als gerade überflüssig oder irrationell anzusehen ist, so muss doch auch anderseits der Meinung Ausdruck verliehen werden, dass bei gleichzeitiger, intensiver und zweckmäßiger Durchführung der Verbauung der Seitenbäche, es vielleicht möglich gewesen wäre, an dem Baue der beiden Sperren namhafte Summen zu Gunsten

der eigentlichen Verbauung im Thalinneren zu ersparen und dass dann fraglos auch ein besserer und dauernderer Erfolg zu erzielen gewesen wäre.

Jedenfalls wurde die Seckendorff'sche Anschauung über Gebühr zu einer Streitfrage aufgebauscht, und wenn behauptet wurde, es sei gegen große Thalsperren ein förmlicher Kampf geführt worden, so entsprach dies den Thatsachen sicherlich nicht.

Seckendorff gebührt weiter das Verdienst, dass er die Schaffung eines Lehrstuhles für Wildbachverbauung und zwar an der Hochschule für Bodenkultur in Wien, durchsetzte und so dem wissenschaftlichen Fortschritte sowohl, als auch der praktischen Bethätigung auf diesem Gebiete, noch bessere Wege ebnete. In den Jahren 1790—1808 soll übrigens an der Universität in Innsbruck ein solcher Lehrstuhl bereits bestanden haben.

Die Erinnerung an Seckendorff ist mit jener an Ministerialrat Johann Salzer, welcher literarisch zwar nicht hervorgetreten ist, der aber die Seckendorff'schen Anregungen zur Regelung des Wildbachverbauungsdienstes in Oestereich benützte und ihnen zum Durchbruche verhalf, innig verknüpft.

Salzer war es, der im Auftrag des österreichischen Ackerbau-Ministeriums im Frühjahre 1884 mit einer Anzahl von Forsttechnikern das südliche Frankreich bereiste und an der Regelung des Wildbachverbauungsdienstes in Oestereich den größten Antheil nahm. Uebrigens hat Salzer auch die an anderer Stelle besprochene Eintheilung der Wildbäche in jene des Hochgebirges und jene der Berg- und Hügelländer getroffen, welche Eintheilung für die Beurtheilung des anzuwendenden Verbauungssystemes maßgebend sein kann.[20])

Als eifrige Verfechter des Wildbachverbauungswesens in der Schweiz und gleichzeitig als Schriftsteller, sind von Salis und Elias Landolt zu nennen, deren literarische Arbeiten bereits an anderer Stelle Erwähnung fanden.

Mit seinem ausgezeichneten Werke „Restauration des montagnes, correction des torrents, reboisement"[29]), hat endlich in jüngster Zeit Thiéry die Literatur der Wildbachverbauung in ganz hervorragender Weise bereichert. Er ist es, der den Ausbau der Lehre in wissenschaftlicher Richtung am meisten gefördert und insbesondere durch die Beiträge zur Theorie der Geschiebebewegung und Schuttkegelbildung seinem Werke besonderen Wert verliehen hat.

Es hat seine volle Berechtigung, die vorstehende Schilderung der historischen Entwickelung des Wildbachverbauungswesens bei dieser Persönlichkeit und ihren literarischen Leistungen abzuschließen, weil hiemit ein Markstein gefunden ist, an welchen seinerzeit leicht angeknüpft werden kann.

Es bleiben auf diese Weise allerdings Persönlichkeiten unerwähnt, welche in allerjüngster Zeit die Literatur bereichert haben und welche in Frankreich, in der Schweiz, Oesterreich, auch Italien, Kroatien und anderen Ländern, für die Entwickelung des Wildbachverbauungswesens in irgend einer Weise gewirkt haben oder gegenwärtig noch wirken.

Der bisherige und der folgende Literaturnachweis enthält ihre Namen, und es wird sich noch Gelegenheit finden, diese ihre Bethätigung gebührend hervorzuheben.

Grundzüge des Verbauungssystemes.

Bei Erörterung der Grundzüge des Verbauungssystemes soll an der Eintheilung der Wildbäche in solche des Hochgebirges und in solche der Berg- und Hügelländer, bei gleichzeitiger Untertheilung der ersteren in die der Verwitterung, dann die der Erosion und Unterwühlung festgehalten werden.

Die vorwiegend Verwitterungsproducte führenden Hochgebirgswildbäche, zu welchen in erster Linie die des Kalkgebirges zu zählen sind, bieten der Verbauung im allgemeinen keine günstigen Arbeitsgebiete. Es muss sich in solchen Fällen der Hauptsache nach um die thunlichste Bekämpfung der Verwitterungserscheinung durch Schaffung womöglich besserer kultureller Verhältnisse im Niederschlagsgebiete handeln. Wenn schon die Durchführung der diesfalls nöthigen Maßnahmen innerhalb des Vegetationsbereiches oft, und zwar deshalb mit großen Schwierigkeiten verbunden ist, weil nur allzu häufig dem Widerstande seitens der Bevölkerung begegnet wird, so ist leider mit der Vegetationsgrenze dieser Thätigkeit überhaupt eine Schranke gesetzt.

Unter allen Umständen ist in solchen Fällen das Hauptaugenmerk auf die Erhaltung oder Schaffung eines Waldgürtels an der Waldvegetationsgrenze zu legen, weil nur auf diese Weise eine größere Gewähr für die Zurückhaltung des Geschiebes ober dieser Grenze geboten erscheint. Auch ist der Bewirthschaftung

der ober der Waldgrenze gelegenen Alpen- und Weidegründe besondere Sorgfalt zuzuwenden und überhaupt zu trachten, der Vegetation, soweit als möglich, in die höchsten Lagen Eingang zu verschaffen.



Abbildung Nr. 4. Thalsperre im Gosaubache, Ober-Oesterreich.

Andere, in solchen Wildbächen auszuführende Arbeiten können in der Regel nicht als Heilmittel angesehen werden. Sie sind wohl im Stande, die Gefahr für kürzere oder selbst längere Zeit zu bannen, nicht aber sie vollkommen zu beheben. Zu diesen Maßnahmen gehört die Herstellung größerer Thalsperren als Materialstauwerke, wie solche in den Abbildungen Nr. 3

und 4, Seite 8 u. 30, zu sehen sind, die geeignet sein können, die Geschiebeführung nach abwärts durch eine gewisse Zeit hindurch auf ein geringeres oder vielleicht selbst unschädliches Maß einzuschränken. Unter Umständen kann so Zeit gewonnen werden, die Verhältnisse im Niederschlagsgebiete in zufriedenstellender Weise zu bessern.

Weiters sind als im Inneren solcher Gewässer allenfalls noch durchzuführende, zweckentsprechende Maßnahmen, die Vorkehrungen gegen Bergstürze, Steinschläge, Gletscher und gegen den Abgang von Lawinen erwähnenswerth.

Der leidigen Thatsache, dass derartige Wildbäche der Verbauung keine besonders günstigen Arbeitsgebiete bieten, kann immerhin der Umstand entgegengehalten werden, dass sie, weil in ihrer Thätigkeit und schädlichen Wirkung eine gewisse Regelmäßigkeit zeigend, auch nicht zu den sehr gefürchteten Wildwässern gezählt werden können. In den meisten Fällen nehmen die von ihnen herabgeführten Verwitterungsproducte am Thalausgange ein gewisses Gebiet ein, welches die Bewohner der Umgebung im Hinblick auf die sichere, unabweisliche Gefahr in der Regel auch nicht nutzbar zu machen bestrebt sind. In manchen Fällen kann es deshalb bei solchen Bächen auch angezeigt sein, auf ihren Schuttkegeln förmliche Materialablagerungsplätze zum sicheren Schutze des umliegenden Kulturlandes zu schaffen, oder auch die Bildung von Schuttkegeln schon im Thalinnern an geeigneten Stellen durch entsprechende Vorkehrungen zu begünstigen.

Selbstverständlich schließt es das vorstehend nur kurz geschilderte Verfahren nicht aus, dass die in solchen Wildbächen, sei es im größeren oder geringeren Maße, durch andere Erscheinungen, so durch Erosion und Unterwühlung verursachte Geschiebeführung auch auf andere, diesen Erscheinungen entgegenwirkende, entsprechende Weise bekämpft werden muss.

Ein bei weitem reichhaltigeres und auch dankbareres Feld für die Verbauungsthätigkeit liefern die vorherrschend erodirenden und unterwühlenden Wildbäche des Hochgebirges. Hier bieten sich dem Fachmanne die mannigfachsten Aufgaben dar, deren rasche und richtige Lösung nur an der Hand reichlicher, praktischer Erfahrung bewerkstelligt werden kann. Als die hauptsächlichsten dieser Aufgaben sind die Verhinderung der weiteren Sohlenerosion, dann, hiemit häufig im Zusammenhange, die

Sicherung der anbrüchigen Lehnenfüße, die unschädliche Ableitung der Quell- und Sickerwässer, die eventuelle Zurückhaltung der bereits im Wildbach angehäuften Erosions-, Unterwühlungs- oder theilweise auch Verwitterungs-Producte, die Festigung der der Erosion und der Unterwühlung unterworfenen Hänge des Niederschlagsgebietes, die Besserung der kulturellen und wirthschaftlichen Verhältnisse innerhalb des letzteren, dann die Ausführung von Thallaufregulierungen anzusehen.



Abbildung Nr. 5. Sohlenstaffelung im Gödnacherbache bei Lienz, Tirol.

Die Sohlenerosion ist das Ergebniss zweier, sich nicht im richtigen Verhältnisse gegenüberstehender Factoren, das ist der Gewalt des abfließenden Wassers einerseits und der Widerstandskraft der Bachsohle anderseits. Die Mittel, die beiden genannten Factoren in das richtige Gleichgewicht zu setzen, müssen also in der Verminderung der Wasserkraft, beziehungsweise in der Festigung der Bachsohle bestehen.

In ersterer Hinsicht kommt Nachstehendes zu beachten. Die Schleppkraft des fließenden Wassers ist in einem gegebenen Quer-

profile bei gleicher Wassermenge, bei gleichem Grade der Sättigung mit Geschiebe, von der Neigung des Wasserspiegels, beziehungsweise von der Sohlenneigung abhängig. Einer gewissen Wassermenge und Geschiebeart, einem gewissen Sättigungsgrade und einem gewissen Querprofile entspricht bei gegebener Sohlenbeschaffenheit ein Sohlengefälle, welches, mit der Wasserkraft im Gleichgewichte stehend, die Unveränderlichkeit der Sohle sichert. Es muss deshalb Sache der Verbauung sein, in einer der Erosion unterworfenen Bachsohle dieses, den herrschenden Verhältnissen entsprechende Gefälle, das sogenannte „Ausgleichs- oder Compensationsprofil", siehe Seite 182, 1. Theil, durch Einbau von Querwerken, Thalsperren oder Grundschwellen, wie dies in Abbildung Nr. 5, Seite 32, ersichtlich ist, zu schaffen oder, wenn dies nicht thunlich sein sollte, in anderer Weise auf die Erhöhung des Sohlenwiderstandes hinzuwirken. Es ist unthunlich die Entwickelung dieses Ausgleichsprofiles oder gar des Gleichgewichtsprofiles, selbst unter Voraussetzung der Durchführung anderer Maßnahmen, so insbesondere von Aufforstungen, der Natur selbst zu überlassen, weil hiemit nothgedrungen Unterwühlungen, Böschungseinstürze und dergleichen mehr, verbunden sein könnten, was vermieden werden soll.

Es darf jedoch nicht ausser Acht gelassen werden, dass mit der fortschreitenden Verbauung im Thalinnern die auf die Bildung des Ausgleichsprofiles Einfluss nehmenden Factoren andere werden können. Insbesondere wird durch die Verminderung der Geschiebeführung bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen die Geschwindigkeit des abfließenden Wassers eine beträchtlichere und das Ausgleichsprofil deshalb ein geringeres, denn das seiner Größe und Beschaffenheit als gleichbleibend angenommene Geschiebe vermag sich bei dieser erhöhten Geschwindigkeit auf einer gleich steil geneigten Sohle nicht mehr zu halten.

Die auf diese Weise mit der fortschreitenden Verbauung verbundene stete Abnahme des Ausgleichsprofiles macht es behufs Verhinderung der Gefährdung schon bestehender Anlagen, bezw. Verhinderung vermehrter Materialführung durch Abfuhr der bereits erzielten Verlandungen nöthig, durch Einschaltung weiterer, sogenannter secundärer oder Werke 2. Ordnung, ein der jeweiligen Wasserthätigkeit entsprechendes, geringeres Gefälle zu schaffen. So kann endlich ein den gegebenen Verhältnissen entsprechender und ein gewisses Gleichgewicht gewährleistender Zustand ge-

schaffen werden, bei dessen Eintritt das Ausgleichsprofil seine mögliche unterste Grenze erreicht und sich zum Gleichgewichtsprofile entwickelt hat.

Aus dieser nur ganz allgemein gehaltenen Auseinandersetzung,



Abbildung Nr. 6. Ausschalung der Bachsohle im „Rivo Lazer", Südtirol.

deren theoretische Begründung aus den Ausführungen des IV. Abschnittes, 1. Theil, erhellt, und auf welche noch zurückgekommen wird, ist zu entnehmen, dass einer derartigen Verbauung nicht nur eine ausgedehnte Beobachtung der Bachverhältnisse vorausgehen muss, sondern dass auch nach Vollzug derselben ihre stete Ergänzung nöthig wird.

Die Geschwindigkeit des Wassers kann allerdings auch durch Verbreiterung der Querprofile oder durch Schaffung längerer und somit auch weniger steil geneigter Bachläufe vermindert werden. Diese Maßnahmen sind jedoch in den Wildbächen des Hochgebirges und namentlich im eigentlichen Erosionsgebiete derselben, vielfach in Folge der örtlichen Verhältnisse oder der ausgesprochenen, zumeist engen und tiefen Thalbildung wegen, nicht oder nicht leicht durchführbar und hätten auch noch die Gefahr größerer Corrosion im Gefolge.

Anders ist es, wenn die Sohlenerosion durch unmittelbares Heben der Sohlenwiderstandskraft, ohne Rücksicht auf das Gefällsverhältniss, bekämpft werden soll. In solchen Fällen handelt es sich um die theilweise oder vollkommene Sohlensicherung durch Pflasterung oder auf andere ähnliche Weise. Diese, aus Abbildung Nr. 6, Seite 34, ersichtliche Verbauungsart, die in ihrer vollkommensten Ausführung zur Herstellung der Steinschalen oder „Steincunetten“ führt und zu der Sohlenstaffelung mittels Querwerken im Gegensatze steht, kann sich insbesondere dort empfehlen, wo infolge des bestehenden größeren Gefälles die Entwickelung des wünschenswerthen Ausgleichs-, beziehungsweise Gleichgewichtsprofiles nur durch Einbau einer unverhältnissmäßig großen Zahl von Querwerken möglich wäre. Obwohl diese Art der Verbauung den offenbaren Vortheil für sich hat, dass dem Wasser keine Gelegenheit zu der immer zu befürchtenden Unterwaschung der Querwerke geboten wird, soll sie doch nur dort zur Anwendung kommen, wo die mit ihr verbundene Begünstigung der Materialabfuhr den Erfolg der ganzen Verbauung nicht nachtheilig beeinflussen oder einzelnen Verbauungstheilen zum Schaden gereichen könnte und wo durch Steinschlag oder Bodenbewegung oder auch auf andere Weise, der Bestand des Baues, der Schale, nicht zu sehr in Frage gestellt wäre.

Die seitliche Erosion, Corrosion, die Unterwaschung der Lehnenfüße, als Folge von Verwerfungen, oder als Folge des Wasseranpralles an stark concav gekrümmte Ufer, kann durch Uferversicherungen entsprechend behoben und für die Zukunft durch Schaffung möglichst geregelter Abflussverhältnisse verhindert werden.

Ein besonderer Antheil an der Materialbeschaffung in den Wildbächen ist der unterwühlenden Wasserwirkung zuzuschreiben.

Unter Hinweis auf die einschlägigen Ausführungen des I. Abschnittes, 1. Theil, kommt zu bemerken, dass es unter allen Umständen nöthig ist, die bereits eingesickerten, schädlichen Wässer abzuleiten und, wo thunlich, auch in Hinkunft das Eindringen solcher Wässer möglichst zu verhindern. In einer Richtung wird durch ausreichende Entwässerungsanlagen, in anderer aber durch thunlichste Ermöglichung und Erleichterung des oberirdischen



Abbildung Nr. 7. Verbauung der Hoferlahn im Sinichbache bei Meran, Tirol.

schadlosen Abflusses der Meteorwässer das angestrebte Ziel zu erreichen gesucht. Die Abbildung Nr. 7 veranschaulicht die Sicherung einer Lehne gegen Corrosion bei gleichzeitiger Durchführung von Entwässerungen.

Bei Verbauung der in Rede stehenden Art der Wildbäche ist es selbstverständlich nicht ausgeschlossen, dass es außerordentlich erwünscht oder nothwendig sein kann, das bereits in den Rinnsalen des Niederschlagsgebietes angehäufte Erosions-

oder Unterwühlungs-, vielleicht auch theilweise Verwitterungsproduct im Inneren des Wildbachgebietes festzuhalten. Es ist dann die Materialablagerung, ähnlich wie bei den vorwiegend Verwitterungsproducte führenden Wildbächen, durch die Herstellung von Thalsperren an geeigneten Stellen zu begünstigen, dabei aber insbesondere im Auge zu behalten, dass es mitunter durch zutreffende Wahl der Oertlichkeiten möglich sein kann, einer Thalsperre gleichzeitig die Wirkung eines Materialstau- und eines Consolidirungs-, d. i. eines Werkes zu geben, welches die Sohle und die Böschungen an der Baustelle und eine gewisse Strecke nach aufwärts, vor Erosion und Corrosion schützen oder oberhalb gelegenen Verbauungen als Stütze dienen kann.

Weitere Aufgaben bei Verbauung erodirender oder unterwühlender Wildbäche sind die endgiltige Festigung der anbrüchigen Hänge durch Schaffung der Vegetationsdecke auf denselben, sowie die Besserung der kulturellen und der wirthschaftlichen Verhältnisse im Niederschlagsgebiete. Diese Aufgaben dürfen nicht unberücksichtigt bleiben, denn von ihrer zielbewussten und gelungenen Ausführung hängt in der Regel der volle Erfolg der Verbauung ab.

Die Wildbäche der Berg- und Hügelländer, in ihrem Charakter von jenen der Alpen verschieden, erfordern auch die Anwendung eines von dem vorstehend beschriebenen im allgemeinen etwas abweichenden Verbauungssystemes. Bei vorherrschend geringerem Gefälle in den tieferen Lagen und einem in der Regel bloß auf die höchsten Lagen beschränkten starken Gefälle, führen diese Bäche größere Wassermassen und das aus dem Niederschlagsgebiete herabkommende Geschiebe den größeren Flüssen zu. Lehnenbrüche finden sich zumeist nur in den oberen Theilen der Niederschlagsgebiete; in den tiefen Lagen, in welchen der Bach häufig in älteren oder jüngeren Anschwemmungen wühlt, ist es diese wühlende Wirkung und sind es die steten Uferbrüche, welche die Materialbewegung verursachen. Das Augenmerk bei Verbauung solcher Bäche ist, was den Oberlauf anbelangt, der Festigung vorkommender Lehnenbrüche, der Zurückhaltung des im Bachbette schon vorhandenen Geschiebes und der möglichsten Hintanhaltung des raschen Abflusses der Niederschlagswässer zuzuwenden. In den tieferen Lagen finden sich in den verhältnissmäßig breiten Bachbetten mit flachen Ufern, bei höchst unregelmäßigem Wasserabflusse große Schottenablagerungen vor, und es erwächst hieraus

die Nothwendigkeit, der Wandelbarkeit dieser letzteren durch entsprechende Regulierungsarbeiten, Abbildung Nr. 8, ein Ziel zu setzen. Von Wichtigkeit ist die thunlichste Verminderung des raschen Wasserabflusses im Niederschlagsgebiete, und diese Aufgabe ist, da ausgiebige Wasserbehälter, Reservoirs, nicht oder in der Regel nur in beschränkter Zahl ausführbar sind, meist nur auf kulturellem Wege zu erreichen.



Abbildung Nr. 8. Regulierung des Solanecbaches im Beczwagebiete. Mähren.

Mit der Durchführung der vorbeschriebenen Massnahmen zur Beruhigung der Wildbäche, sei es nun jener im Hochgebirge oder jener im Berg- und Hügellande, muss nöthigenfalls die Herstellung von Schutzvorkehrungen am Schuttkegel Hand in Hand gehen, wobei auf den richtigen Zusammenhang der Arbeiten im Inneren der Wildbäche und jener in der Thalsohle grosses Gewicht gelegt werden muss. Naturgemäss erfordert die Verbauung der Wildbäche im Thalinneren einen verhältnissmässig grösseren Zeitaufwand als jene am Schuttkegel, so lässt es in vielen Fällen nicht rathsam und

oft auch nicht zulässig wäre, den Erfolg der Verbauung im Thalinneren abzuwarten und die Durchführung von nöthigen Schutzvorrichtungen am Schuttkegel oder im Thallaufe des Wildbaches außer Acht zu lassen. Doch muss darauf verwiesen werden, dass solche Vorkehrungen im Thallaufe oder am Schuttkegel, zumeist Bachregulierungen, vortheilhaft vorerst nur einfach zu halten sind, weil ein kostspieliger Bau während der Verbauungsperiode starken Beschädigungen ausgesetzt sein und vielleicht auch den nach der Verbauung eintretenden Abflussverhältnissen nicht mehr entsprechen kann, da ja die Wirkungen eines verbauten Wildbaches naturgemäß ganz andere sind, als die eines unverbauten. In manchen Fällen wird nach vollzogener Verbauung im Thalinneren von der Herstellung eines kostspieligen Baues vielleicht ganz abgesehen werden können, jedenfalls aber ist anzunehmen, dass sich die Nothwendigkeit der Durchführung besonderer Vorkehrungen gegen Verschotterungen in der Thalsohle mit dem Fortschritte der Verbauung im Thalinneren vermindert.

Als Bestandtheil eines jeden Verbauungssystemes ist auch die Reinhaltung der Bäche von Wildholz und die sorgfältige Beobachtung der Rinnsale, gegebenen Falles das langsame und zweckmäßige Aussteinen derselben anzusehen. Dringend geboten ist es selbstverständlich, dass das Gehänge der Wildbäche in keiner Weise, weder durch unzweckmäßige forst- noch landwirthschaftliche Maßregeln, zu welch letzteren insbesondere und unter gewissen Verhältnissen Bewässerungen und Wasserleitungen gezählt werden müssen, beunruhigt werde.

Für die Ausführung der Wildbachverbauungen muss weiters als Grundsatz nicht nur das rechtzeitige, sondern auch das ausreichende Eingreifen bezeichnet werden. Jedes Säumen ist von oft unberechenbarem Schaden begleitet und jede Lücke im Verbauungswerke wird leicht zu dessen Achillesferse. Auch ein allzurasches, überstürztes Vorgehen empfiehlt sich nicht und kann der Sache nur allzuleicht schädlich werden.

Einen maßgebenden Umstand bei der Ausführung bilden die Kosten, von deren Höhe nicht selten die Durchführbarkeit einer bestimmten Verbauung abhängt. Insofern die Zweckmäßigkeit der Ausführung hiedurch nicht in Frage gestellt erscheint, wird demnach vor Allem zu erwägen sein, auf welche möglichst einfache Weise und mit welchen möglichst geringen Kosten die

Verbauung durchgeführt werden könnte. Die Kosten der Bauausführung sind im allgemeinen zunächst von der Wahl und Möglichkeit der Beschaffung der Baumaterialien, von der Art und Weise der Herstellung der einzelnen Werke und von den örtlichen Arbeitsverhältnissen abhängig. Bei den in den Wildbächen vorherrschenden, schwierigen Transportverhältnissen wird sich selbstverständlich, wenn die Art des Landes überhaupt eine Wahl zulässt, jenes Materiales zu bedienen sein, welches ohne erhebliche Kosten zur Baustelle geschafft werden kann. Wenn auch Steinbauten unter sonst gleichen Verhältnissen in der Regel theuerer als Holzbauten zu stehen kommen, so verdienen sie doch in Anbetracht ihrer Festigkeit und Dauerhaftigkeit den Vorzug.

Unter der Voraussetzung, dass gutes Bauholz an Ort und Stelle oder in der Nähe zur Verfügung steht, kann sich dasselbe allerdings mitunter für eine billigere Bauweise insbesondere deshalb empfehlen, weil die heimische Bevölkerung, von Ausnahmen abgesehen, in der Regel mit der Holzarbeit mehr vertraut ist, und deshalb auch fremde, zumeist kostspieligere Arbeitskräfte nicht herangezogen werden müssen. Der Bestand der hölzernen Werke ist namentlich dort, wo dieselben beständig unter Wasser stehen oder von Geschiebe bedeckt sind, oder wo mit Rücksicht auf die Bodenverhältnisse eine baldige Begrünung des verbauten Baches zu erwarten steht, ein zumeist hinreichend dauernder. Ein wesentlicher Vortheil der Holzbauten ist übrigens darin zu suchen, dass eingetretene örtliche Beschädigungen gewöhnlich nicht so rasch zu einer Zerstörung des ganzen Baues führen und rechtzeitig wieder gut gemacht werden können. Es wäre deshalb gewiss einseitig, wollte unter allen Umständen dem Holzbaue aus dem Wege gegangen werden, es ist vielmehr Sache der Bauleitung, je nach den Verhältnissen die richtige Wahl und das richtige Maß in der Verwendung von Stein und Holz zu treffen. Es muss übrigens bei solchen Bauten, zu welchen die Besitzer der zu schützenden Liegenschaften in der Regel beizutragen haben, auch auf die Möglichkeit Bedacht genommen werden, dass diese ihren Beitrag durch Beistellung von Baumaterial, d. i. zumeist am leichtesten von Holz, abstatten können. In solchen Fällen wird von vornherein, wenn es technisch zulässig ist, dem Holzbaue der Vorzug einzuräumen sein.

Der Kostenpunkt der Ausführung hängt auch von den örtlichen Arbeitsverhältnissen ab. Es soll als Grundsatz gelten,

sich, wenn möglich, eine ständige Arbeiterschaft zu bilden und nicht durch Zugeständnisse einzelner hoher Löhne diese nach und nach auf eine den Verhältnissen nicht entsprechende Höhe zu bringen. In dieser Hinsicht hat sich die Verwendung von Sträflingen und Zwänglingen bewährt.

Zur Sicherung einer zweckentsprechenden und möglichst billigen Ausführung des Verbauungswerkes ist die stete Aufsicht durch tüchtige, fachmännisch gebildete Persönlichkeiten erforderlich, welche vorgefundene Mängel ohne Rücksicht sogleich abzustellen und die nöthigen Weisungen an Ort und Stelle zu ertheilen haben.

Nicht nur die Kosten der Ausführung, sondern auch die Kosten der ferneren Erhaltung sollen einen hervorragenden Umstand bei der Veranschlagung von Verbauungen bilden. Die Erhaltung der Bauten ist von den verwendeten Materialien und Arbeitskräften, von der Art der Ausführung, sowie selbstverständlich von der Art und Weise der Durchführung der Erhaltung selbst abhängig. Wie bereits früher hervorgehoben, stellt sich die Erhaltung der Steinbauten, weil diese im Allgemeinen dauerhafter sind, unter sonst gleichen Verhältnissen billiger als jene der Holzbauten. Kleinere Bauten erfordern geringere Erhaltungskosten als große, an deren Bestand sich auch gleichzeitig und naturgemäß ein höheres Interesse knüpft. Die Kosten der Erhaltung können übrigens durch aufmerksame Beaufsichtigung wesentlich herabgemindert werden. Es erscheint deshalb unbedingt nöthig, dass gleich nach Verlauf eines jeden größeren Hochwassers die Bauten einer eingehenden Untersuchung unterzogen und vorgefundene, noch so geringe Mängel ohne Verzug behoben werden. An Bauten, bei welchen die heimische Bevölkerung werkthätig betheiligt war, werden derartige Schäden leichter behoben werden können, weil in einem solchen Falle das Verständniss und das Interesse in weit höherem Grade vorhanden sind, als umgekehrt. Schäden, welche auf den natürlichen Zersetzungsprocess zurückzuführen sind, sind gleichfalls thunlichst rasch zu beheben, und wird diesbezüglich die Veranlassung regelmässiger zeitweiliger Bachbegehungen von großem Vortheile sein. Da die aufmerksame und verständige Instandhaltung der Bauten, insbesondere in den ersten Jahren, von großer Bedeutung ist und mangelhafte Bauten dem Thalgrunde nur unberechenbaren Schaden bringen können, so soll und muss auf die Bildung eines Erhaltungs-

fonds und insbesondere auch auf die Möglichkeit strenger Bewachung der Instandhaltung Bedacht genommen werden.

Auf diesen, vorstehend in gedrängter Kürze angeführten und es kann wohl gesagt sein, allgemein bekannten und auch anerkannten Grundsätzen, fußt das heutige Verbauungssystem. Nur ein System ist es, welches in technischer Richtung von diesen Grundsätzen vielfach abweicht und von A. Schindler in seinem Buche: „Die Wildbach- und Flussverbauung nach den Gesetzen der Natur“[19]) vertreten wurde. Es ist deshalb von Interesse, darüber einiges bekannt zu geben.[167, 168])

Das System nach Schindler.

Wie Schindler kund thut, beruht seiner Auffassung nach der innerste Kernpunkt der Heilung des Uebels, unter welcher Bezeichnung die Thätigkeit und Wirkung der Wildbäche verstanden ist, in dem Grundsatze, dass die Natur sich selbst fort und fort zu heilen bestrebt ist, und dass sich deshalb die künstliche Heilung genau an die Gesetze der Naturheilungsmethode anzulehnen und ihr nicht zu widersprechen habe. Die in ihrem natürlichen Zustande convex gewölbte, glatte Urform der Erde, so schließt Schindler, war und ist fortwährend einer steten Veränderung unterworfen. Unbestritten ist der Hauptbeweger bei diesem Vorgange das fließende Wasser, das im Vereine mit anderen Zerstörungsmitteln einerseits das immer tiefere Einsägen der Schluchten und der Thäler besorgt, und anderseits die schroffsten Gegensätze von Höhe und Tiefe auszugleichen sucht. Wie Schindler richtig behauptet, dreht sich denn auch die ganze Frage der Wildbach- und Runsenschädigungen nur um die Thatsache der Ablösung und Fortbewegung der festen Massen. In Uebereinstimmung mit der sich hieran knüpfenden, allerdings nicht zutreffenden Anschauung, dass die Aufgabe der Wildbachverbauung nur in der Bekämpfung der Erosionswirkung besteht, wird von Schindler auch nur die Heilung des vorherrschend von der Erosion verursachten Runsenübels in Betracht gezogen, wobei unter der Benennung „Runse“ in gewissen Fällen allerdings auch der

167) „Die Ursachen der Hochwässer und die Mittel ihrer Bekämpfung“; von A. Schindler-Rochat, Basel 1878.

168) „Die Wildbach- und Flussverbauung nach den Gesetzen der Natur“, von Ferdinand Wang, Vierteljahresschrift für Forstwesen, Heft II vom Jahre 1890.

eigentliche Wildbach gemeint ist, wie das aus der an anderer Stelle angeführten Eintheilung der wildbachartigen Gewässer nach Schindler hervorgeht. Wie schon dem Titel des Buches zu entnehmen, sucht also Schindler seine Methode vermeintlichen Naturgesetzen anzupassen und versucht es vorerst, die von der Natur selbst angestrebte Heilung des Uebels darzulegen.

Seiner Ansicht nach beruht dieses Selbstheilungsbestreben auf dem Umstande, dass das Erosionsmaterial erstens so rasch und so früh als möglich sich festzulegen bestrebt ist und zweitens, dass dies in einer mit der Spitze nach oben gerichteten Kegelform, welche die fortwährende und größtmöglichste Theilung des Wassers zu bewirken im Stande ist, geschieht. Anderseits zeige die Natur dies Mittel der bleibenden und soliden Befestigung der steilen Abhänge durch das tiefgehende Wurzelwerk des Waldes. Der Schwerpunkt der Wildbachverbauung soll deshalb einerseits in der Unterstützung der Kegelbildung und anderseits in der Schaffung der Vegetationsdecke liegen.

Schindler wendet sich gegen die bisher angewendete Bauweise, welche seiner Anschauung nach theils an der Haltbarkeit, theils am thatsächlichen Erfolge der Wirkung noch sehr Vieles zu wünschen übrig lässt. Insbesondere kehrt er sich gegen die Thalsperren, deren Bau nur dort berechtigt und zweckmäßig sei, wo zwischen Felswänden das Mittelstück fehlt, wo dann aber auch die Natur mit unzweifelhafter Deutlichkeit zeige, dass ihr voriger Stand wieder hergestellt und der unnatürliche Felspass durch einen künstlichen, steinernen Aufbau geschlossen werden solle. In allen anderen Fällen sei die Anlage von Thalsperren eine naturwidrige Maßnahme, weil, wie erörtert wird, ihre Form der Natur widersprechend sei. So richtig und zutreffend, meint Schindler weiter, der theoretische Grundgedanke des Thalsperrenbaues für die erwünschte Sohlenerhöhung und Gefällsverringerung sei, so unvollkommen zeige sich seine Wirkung.

Das über die Thalsperre Hinausragende werde, wenn das Wasser in seiner Thätigkeit fortfährt, neuerdings abgespült und die Gefahr der Zerstörung und Verschotterung des Thalgrundes sei abermals vorhanden.

Die Staffelung der Bachsohle sei nicht überall als reiner Gewinn zu betrachten, weil die so gebildeten Abstürze die nicht immer auf sicherem Fels ruhenden Bauten gefährden müssen.

Eine andere Gefahr für den Bestand der Thalsperre liege

darin, dass bei der Bildung eines größeren Schuttkegels auf derselben, der ganze Strom von der Mitte des Bettes hinweg auf den einen oder anderen Flügel hingelenkt werden könne. Diese Ablenkung des Wassers nach seitwärts müsse auch auf die Erosion der Seitenwandung der Runse von schlimmer Wirkung sein. Das Mittel der Errichtung von Flügelmauern sei allerdings geeignet, diesem Uebel abzuhelfen, da aber jede Kanalisirung im Erosionsgebiete gegen den Grundsatz normaler Verbauung verstossen müsse, so sei diesem Mittel nur ein bedingter Wert beizumessen.

Als sehr misslich wird weiter bei der Thalsperre, deren Bau überdies mit allerhand Schwierigkeiten verbunden sei, der Umstand bezeichnet, dass die Möglichkeit eines Einsturzes die seit Jahren gewonnenen Resultate mit einem Schlage in Frage stellen könne.

Die Wirkung der Thalsperre erstrecke sich ferner nicht weit genug über ihre nächste Umgebung hinaus und treffe besonders die höher gelegenen Anbrüche und Rutschungen nicht.

Weiter heisst es, dass die Verbauung von oben nach unten weitaus die richtigere und günstigere sei und dass diesem Grundsatze die Nothwendigkeit, Thalsperren von unten nach oben hin zu bauen, widerspreche.

Als mehr untergeordnete Hilfsmittel der bisherigen Baumethoden bezeichnet Schindler die Sohlenpflasterungen, Stütz- und Ufermauern, Steinverkleidung der Gehänge und die Flechtzäune.

Ihr Wert sei ein geringer, ja sie seien in mehr als einer Hinsicht nicht nur unzweckmäßig, sondern sogar schädlich. Der Stein sei überhaupt ein für die Bauten in Wildbächen nicht oder nur schlecht geeignetes Material.

Sein großes Gewicht sei oft nutzlos, hinderlich und schädlich, seine Bearbeitung theuer. Er sei nur dort, wo frei vor jeder Auswaschungsgefahr, am Platze und es sei der Bestand des Mauerwerkes allzu sehr abhängig von der Verbindung der Steine unter einander.

Die gepflasterten Schalen widersprechen dem Grundsatze der Wassertheilung im Erosionsgebiete, veranlassen eine rasche Abfuhr der Wassermassen und schließen so große Nachtheile in sich.

Die Anlage von Flechtzäunen in Wildbächen sei völlig nutzlos, da die Zäune und Pfähle dem Drucke des hinter ihnen

aufgespeicherten Materials nicht zu widerstehen vermögen. Die Anbringung solcher Flechtzäune hänge mit der Frage der Fußversicherung der Rutschflächen auf das Engste zusammen.

Die Vorschläge Schindlers zur Beruhigung eines Wildbaches sind dagegen die folgenden:

Der leitende Gedanke seines Systemes ist die Begünstigung der Schuttkegelbildung überall dort, wo die Natur eine solche Bildung veranlasst oder versucht. In engster Verbindung mit ihr steht dann der weitere Grundsatz dieser Methode, die Wässer zu zertheilen und ihren Abfluss zu verlangsamen.

Schindler scheidet das ganze Gebiet eines Wildbaches oder einer Runse in Bezug auf die Verbauung, in zwei scharf von einander getrennte Theile.

Das ganze Sammelgebiet, einschließlich des Gebietes der Ablagerung, den Schuttkegel, legt Schindler unter das Zeichen der „Convexität“, alle anderen, etwa noch vorhandenen und weiter abwärts gelegenen Gebiete unter jenes möglichster „Concavität“. Convexität ist gleichbedeutend mit Wasserzertheilung, Geschiebeablagerung; Concavität ist gleichbedeutend mit Sammlung und raschester Beförderung.

Es erklärt sich hieraus schon die erwähnte Abneigung gegen die Ausschalung der Rinnsale im Gebiete der Convexität. Innerhalb dieses Letzteren glaubt Schindler in der Schuttkegelbildung nicht nur die theoretische, sondern vermöge des richtigen Festigungsmittels, auch die thatsächliche Möglichkeit zu besitzen, eine noch viel weitergehende Sohlenverbreiterung und Sohlenerhöhung durchzuführen, als dies mittelst Thalsperren erzielt werden kann. Er schreibt dieser Schuttkegelbildung folgende Vortheile zu:

1. Der Schuttkegel habe den Vorzug, Naturwerk und nicht Menschenwerk zu sein, und sei als solches fehlerlos und typisch.

2. In der Schuttkegelbildung liege die erhöhte Möglichkeit der Wassertheilung und Verlangsamung des Laufes durch zahllose kleine Hindernisse, sowie jene der natürlichen Quellenbildung durch Einsickerung eingeschlossen.

3. Die bauliche Wirkung des Kegels sei ganz die nämliche wie diejenige der Sperren, nur werde sie durch allmählichen, mehr horizontalen Zuwachs, anstatt durch einen einzigen, monumentalen Aufbau erzielt. Die Erhöhung dieser schiefen Fläche könne so ins Unendliche ausgedehnt werden, während die Höhe der Sperre sehr begrenzt sei.

4. Die Unerschöpflichkeit der Kegelform und die Möglichkeit fortwährender und immer leichterer Festhaltung der Geschiebe lasse die Erosion als Hilfsmittel des Systems erscheinen, während dieselbe für den Thalsperrenbau ein Moment der stets wachsenden Gefahr sei.

5. Das Kegelsystem gestatte eine Verbauung ebensowohl von oben nach unten, wie umgekehrt, oder auch gleichzeitig auf der ganzen Länge, was beim Thalsperrenbau nur bedingt geschehen könne.

6. Die Zerstörung eines Kegels würde niemals die gleiche Gefahr wie beim Einsturze einer Thalsperre in sich schliessen und könnte sich nur sehr langsam vollziehen.

7. Die hervorragendste Eigenschaft des in Anwendung gebrachten hölzernen Pfahles beruhe in der Durchlässigkeit des Baues für das Wasser, wogegen die Sperre den vollen Druck der hinter ihr stehenden Masse auszuhalten habe. Ein an sich schwacher Holzzaun oder ein lebender Zaun halten die Geschiebe genau nach ihren Linien auf, während der gleiche Druck eine Mörtelmauer sofort umstoße.

Was den untersten Theil des noch unter das Zeichen der Convexität gelegten Gebietes, nämlich das der Ablagerung, den eigentlichen Schuttkegel des Baches, anbelangt, so äußert sich Schindler wie folgt:

Nach bisheriger Uebung geschehe das Gegentheil der Wasserzertheilung am untersten Kegel, am eigentlichen Schuttkegel des Wildbaches. Dieser wird durch einen Kanal durchschnitten und das schwerste Geschiebe, sammt dem Wasser, durch denselben abgeleitet.

Da dieses Gebahren den Charakter des Naturwidrigen und daher mehr oder minder Unmöglichen an sich trage, so musste die Fachwissenschaft entweder an das angedeutete Mittel der Wassertheilung nicht gedacht haben oder aber nicht daran glauben.

Auch hier sei die Kegelbildung zu empfehlen und zu begünstigen.

Es ist zunächst nochmals hervorzuheben, dass die Schindler'sche Verbauungsweise eigentlich nur die Bekämpfung der Erosionserscheinung im Auge hat, alle anderen Maßnahmen aber nur nebenbei oder gar nicht berücksichtigt.

Die hinsichtlich des Entstehens und der Behebung des

Erosionsübels ausgesprochenen Anschauungen können nicht unerwidert bleiben.

„Es liegt", so sagt der Autor, „nicht am Regen und nicht am Hagel, sondern nur an der Bodengestaltung. Ist diese normal, d. h. glatt und leicht gewölbt, so bewirkt der stärkste Regen kein Uebel; nimmt dieselbe aber die entgegengesetzte Form an, so ist, auch bei geringerem Niederschlage die Bedingung für die Erosion geschaffen. Wäre dies nicht so, so würden unsere Berge seit den Jahrhunderten ihres Bestehens längst keine gesunde Stelle mehr aufzuweisen haben."

Es ist gewiss nicht zutreffend die Form des Bodens als die erste und alleinige Ursache der Erosion anzuführen. Vornehmlich ist es doch die innere und äussere Beschaffenheit des Bodens, die die Erosion ermöglicht und die Grösse ihrer Wirkung bedingt. In zweiter Linie kommt dann die Form des Bodens wohl insofern in Betracht, als die die Wasserkraft steigernde, weil die Wässer sammelnde, concave Bodengestaltung die Gefahr der Erosion unter sonst gleichen Verhältnissen selbstredend erhöhen wird.

Wenn Schindler behauptet, dass der Schwerpunkt der Wildbachverbauung in der Unterstützung der Kegelbildung und der Schaffung der Vegetationsdecke liegen soll, so kann nur der letzteren Anschauung beigepflichtet werden. Bezüglich der ersteren kann das aber nicht der Fall sein. Wenn schon durchaus von einem Selbstheilungsbestreben der Natur gesprochen werden soll, so beruht dieses, was den Materialtransport betrifft, wohl lediglich in dem sich stetig vollziehenden Processe, in dem Bestreben, den Ausgleich zu schaffen, die Höhen abzutragen, die Tiefen auszufüllen, die durch irgend welche Einflüsse von dem Hauptstücke getrennten Einzeltheile an geeigneter Stelle zur Ruhe zu bringen. Die Ruhe aber auf den Schuttkegeln ist gewiss nur eine scheinbare, bedingt durch die Gestaltung des Bodens, durch die Lage, durch die Länge der Zeiträume, welche die Natur dem Schuttkegel zu seiner Entwickelung und zu seinem Bestande gönnt.

Und weil eben die Ruhe des Materials auf dem Schuttkegel, sei es, dass er sich als Hauptschuttkegel am Bergesfuße oder als kleinerer im Inneren des Wildbaches darstellt, nicht dauernd sein kann, so ist auch die Begünstigung seiner Entwickelung nicht als den natürlichen Gesetzen des Transportes und den Gesetzen der Natur entsprechend anzusehen. Es ist überhaupt sehr gewagt, von Maßnahmen zu sprechen, die den Natur-

gesetzen entsprechen oder nicht entsprechen. Ihnen sicherlich mehr entsprechend ist die möglichst rasche Beförderung des bereits frei gewordenen Materiales, gegenüber der Zurückhaltung desselben an Oertlichkeiten, wo die seinerzeitige Lockerung und Inbewegungsetzung und dadurch abermalig eintretende Schädigung denn doch wieder erwartet werden müssen. Diesbezüglich kann den Anschauungen Vierkandts [169]) beigepflichtet werden, welcher hinsichtlich der Thätigkeit der Wildbachverbauung schreibt:

„Die Schuttbildung, Schuttbeförderung thalabwärts dient dem Abtragen der Gebirge; sie hat ebenso die älteren Gebirge der Erdoberfläche, wie z. B. das deutsche Mittelgebirge, bereits zu flachen Hochebenen erniedrigt, wie sie in Zukunft die heute noch in jugendlichen, kühnen Formen zum Himmel aufragenden Gebirge, wie z. B. unsere Alpen, zu Rumpfgebirgen abschleifen wird. In diesen natürlichen Vorgang greift nun der Mensch mit seinen Werken hemmend ein.“

Allerdings geht Vierkandt zu weit, wenn er weiter behauptet:

„Die Verbauungsarbeiten liefern uns einen nachdrücklichen Beweis für die Fähigkeit des Menschen, auf die Erdoberfläche umgestaltend einzuwirken, wenn diese Einwirkung hier auch nur einen negativen Charakter trägt, indem sie einen natürlichen Vorgang verhindert. Sollte aber das Menschengeschlecht noch jene Zeit erleben, wo durch die Wirksamkeit der natürlichen Kräfte die Alpen ihres Charakters als Hochgebirge und damit als Verkehrs- und Kulturhemmniss entkleidet sein würden, so würden die dann lebenden Geschlechter es den heutigen gewiss wenig Dank wissen, dass sie aus Fürsorge für den Augenblick, mag dieser Augenblick auch Jahrhunderte und Jahrtausende umfassen, der Ausbreitung der menschlichen Kultur über die Erdoberfläche ein solches Hemmniss in den Weg gelegt haben.“

Nun, von dieser Seite wurde die Wildbachverbauungsthätigkeit wohl noch nie beurtheilt.

Uebrigens kann Vierkandt beruhigt sein. Die Wildbachverbauung kann leider nur zu sehr geringem Theile den natürlichen Gewalten entgegentreten und es sorgt die Natur wohl selbst, dass, wie man zu sagen pflegt, die Bäume nicht in den Himmel wachsen.

---

169) „Die Rolle des Schuttes in den österreichischen Alpen und seine Bekämpfung durch die Wildbachverbauung“; von Dr. A. Vierkandt, Globus Nr. 5 vom Jahre 1895.

Um nun wieder auf Schindler zurückzukommen, so ist dessen Behauptung, es sei bisher das Heil nur in thunlichster Verhinderung der Geschiebeabfuhr durch Thalsperren gesucht worden, unrichtig und den thatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechend. Ebenso unzutreffend ist die Behauptung, dass die „größten Felsblöcke und die halbwegs flüssigen, daherstürmenden Geröllmassen selbst da zur Weiterreise gezwungen werden, wo die Reisebedingungen durch Gefällverminderung zu fehlen beginnen.“

Auch muss die Behauptung befremden, dass das Abbrechen überhängender Gräte und Böschungen, dann die Aufforstung, beziehungsweise die Berasung, bisher ganz unbeachtet gelassene Maßnahmen seien, Maßnahmen die niemals in die Verbauung einbezogen wurden.

Besonders beachtenswert ist jedoch die folgende Anschauung Schindlers:

Der ganze oberirdische oder sichtbare Theil der Vegetationsdecke kann durch menschliche Kunst weder hergestellt, noch auch durch irgend etwas anderes ersetzt werden. Dagegen kann das Wurzelwerk durch ein einfaches Hilfsmittel nicht nur in gleichwertiger, sondern sogar noch in besserer Qualität ersetzt werden.

Ein zur jeweiligen Böschung senkrecht eingetriebener Pfahl von 1 bis $1 \cdot 1/2$ m Länge bietet nach Schindlers Meinung in Wirklichkeit das non plus ultra der Befestigungsmöglichkeit der Berghänge und bietet sogar größere Gewähr gegen Rutschung, als der stärkste Hochwald es zu thun im Stande ist.

Es wird sich an anderer Stelle Gelegenheit finden, auf diesen Gegenstand, sowie auf die gegen das herrschende System, bezw. die einzelnen Baumittel erhobenen Einwendungen zurückzukommen.

Was die technischen Grundsätze des neuen Verbauungssystemes anbelangt, so ist das Bestreben, die Wässer zu zertheilen und ihren Abfluss zu verlangsamen, ein gewiss sehr berechtigtes. Doch kann dem Ratschlage, die Schuttkegelbildung überall dort zu begünstigen, wo die Natur Schuttkegelbildung veranlasst oder versucht, mit Rücksicht auf die mannigfachen örtlichen Verhältnisse nicht immer Rechnung getragen werden. Ganz besonders muss dies von der Begünstigung der Kegelbildung im Gebiete der ausgesprochenen Ablagerung, des eigentlichen Schuttkegels gelten, woselbst die Ableitung des Wildbaches im thunlichst

versicherten Gerinne, oft als die einzige, dort zu lösende Aufgabe anzusehen ist.

Die von Schindler durchgeführte Eintheilung des Wildbachgebietes in das Gebiet der Convexität und in jenes der Concavität scheint jeder tieferen Begründung zu entbehren. Die materialschaffende, die transportierende und die ablagernde Thätigkeit des Wassers sind die Folge von Naturgesetzen, die sich überall, oft im geringeren, oft im höheren Maße geltend machen. Daher kommt es, dass hoch oben im Gebiete des Wildbaches nichts unternommen werden soll, was nicht auch unter ähnlichen Verhältnissen in den unteren Theilen desselben ausgeführt werden könnte. Die Wildbachverbauung hat allerdings im Entgegenhalten zur Flussregulierung ihre Eigenart, weil sie in der Mehrzahl der Fälle mit anderen Gefälls- und Profilsverhältnissen, mit anderer Sohlenbeschaffenheit zu rechnen, und weil sie anderseits vorwiegend der Hintanhaltung der Geschiebeabfuhr ihr Augenmerk zuzuwenden hat. Diese Thatsache kann aber die so außerordentliche Verschiedenheit der oben und unten geltenden hydrotechnischen Grundsätze keinesfalls rechtfertigen. Eine so scharfe Trennung in das Gebiet der Convexität und das der Concavität und hiemit eine so große Verschiedenheit der technischen Operationsmittel, wie sie Schindler empfiehlt, entbehren an und für sich jeder theoretischen und wohl auch praktischen Begründung.

Der von Schindler vorgeschlagenen Ausfüllung und Vernichtung aller jener kleinen und kleinsten Ausrisse im Gebiete der Erosion, die sich als Miniaturrunsen bis in die noch gesunden Weiden und Wälder der Alpenregion fortsetzen, ist beizupflichten, weil eine solche Maßregel in der Regel mit großen Kosten nicht verbunden sein wird. Ob es gelingt, derartige Runsen, wie vorgeschlagen, auch nur zum Theile mit seitlich gewonnenem Material zu füllen, ist zum mindesten sehr fraglich. Die Schaffung der convexen Sohlenform in solchen und überhaupt in allen Runsen und Wildbächen, wo seitlich Materialherde vorhanden sind oder wo das Entstehen solcher möglich ist, ist mit Rücksicht auf die Gefahr des Uferangriffes durch das nach den Böschungen gedrängte Wasser außerordentlich gefährlich.

Dass die weiter von Schindler vorgeschlagene Verbauung aller Austiefungen der schroffen Hänge, in deren unterem Theile gewöhnlich eine lose Masse kegelförmig aufgespeicherten Gerölles

liegt, als Hauptaufgabe anzusehen ist, muss als zumeist zutreffend anerkannt werden, weil in diesen Austiefungen, Seitenzuflüssen des eigentlichen Wildbaches, die materialschaffenden Processe in erhöhtem Maße sich vollziehen. Da in den zumeist sehr steilen und verhältnissmäßig engen Runsen die Herstellung von eigentlichen Uferschutzbauten nicht leicht oder gar nicht durchführbar ist, anderseits jedoch die vorherrschend wunden, angebrochenen Böschungen die Ableitung der Wässer von ihren Füßen erheischen, kann die von Schindler vorgeschlagene Schaffung convexer Sohlenquerschnitte auch in solchen Fällen nicht als angezeigt erachtet werden. Immerhin kann das Schindler'sche System der Sohlenfestigung bei Begünstigung der Schuttkegelbildung dort durchführbar sein, wo seitlicher Schutz entweder gar nicht nötig, oder leicht und sicher herzustellen ist, also im Falle des Vorhandenseins vollkommen sicherer und unzerstörbarer Seitenwandungen und bei vorherrschend geringem Gefälle.

Was die Schuttkegelbildung, beziehungsweise die Begünstigung derselben im Gebiete der eigentlichen Ablagerung betrifft, so kann dieselbe wohl dort durchführbar sein, wo der Schutz von Baulichkeiten, Communicationen, Kulturgründen u. s. w. die gesicherte Ableitung des Wildbaches über den vorhandenen Schuttkegel nicht erheischt. Entgegen der Anschauung Schindlers muss aber behauptet werden, dass ein solcher Schutz zumeist nötig ist und dass daher die neue Methode auch in dieser Richtung wenig Anklang finden dürfte.

Was die Bauausführungen nach Schindler anbelangt, so kann von derselben mancherlei Nutzanwendung gemacht werden, worauf bei Beschreibung der einzelnen Verbauungsmittel zurückgekommen werden soll.

VI.

Die baulichen Vorkehrungen.

Einschränkung der Thalfahrt von Verwitterungsprodukten.

Bei Angabe der Maßnahmen zur Bekämpfung der Verwitterungserscheinung gebührt den kulturellen Vorkehrungen der erste Platz. Es ist unzweifelhaft, dass das eifrigste Bestreben darauf zu richten ist, durch Berasung, durch Aufforstung, kahle Böden wieder zu bedecken, sie dem Einflusse der Atmosphärilien möglichst zu entziehen und so die durch die Schleppkraft des Wassers, durch Regen, Hagel, seltener durch Wind, begünstigste Thalfahrt des Geschiebes auf das wirksamste zu verhindern. Durch entsprechende wirtschaftliche und gesetzliche Maßnahmen ist der weiteren Entblößung des Bodens und hiemit dem Fortschritte der Verwitterung vorzubeugen.

Alle diese gemeinten Maßnahmen sollen jedoch, weil auch für die Bekämpfung der Erosions- und anderer Erscheinungen von wesentlicher Bedeutung, in einem eigenen Kapitel besprochen werden.

Wie schon bei der allgemeinen Erörterung des Systemes der Verbauung hervorgehoben wurde, kann es sich auch darum handeln, das schon in den Rinnsalen angehäufte oder unabwendbar nächster Zeit dorthin gelangende Verwitterungsprodukt festzuhalten, zu welchem Zwecke Thalsperren, Grundschwellen, oder andere zweckentsprechende Baumittel an geeigneten Stellen in den betreffenden Rinnsalstrecken anzuwenden sind. Es wird hierauf noch zurückgekommen werden.

Von Wesenheit zunächst und dem im ersten Theile dieses Buches eingehaltenen Gedankengange entsprechend ist es, die Bekämpfung jener Erscheinungen zur Sprache zu bringen, durch

welche, obzwar sie mitunter auch die Erosion begünstigen, doch vorwiegend die Thalfahrt des Verwitterungsproduktes begünstigt wird, d. i. der Bergstürze, Steinschläge, Gletscherbewegungen und Lawinen.

Vorkehrungen gegen Bergstürze und Steinschläge.

Es liegt in der Natur dieser Erscheinungen, dass denselben nicht immer hinreichend vorgebeugt werden kann. Innere, tiefer reichende, durch verschiedene Ursachen veranlasste Bewegungen größerer Bergmassen können zu überraschenden Katastrophen führen; einzelne Steine können, ohne dass dies vorherzusehen war, in Bewegung gerathen. Von der gänzlichen Verhinderung solcher Erscheinungen muss deshalb abgesehen werden. Doch kann fleißige Beobachtung des zu Bergsturz oder zu Steinschlag geneigten Bodens immerhin manchem Uebel vorbeugen. Das ist nicht selten dann der Fall, wenn einsickernde Wässer als die Ursache oder eine der Ursachen der sich bemerkbar machenden Bewegungen anzusehen sind. Im Zusammenhange mit der Beurtheilung der vorhandenen geologischen Verhältnisse wird sich dann vielleicht doch ein entsprechendes Gegenmittel finden lassen. In dieser Richtung von besonderem Interesse und für die Beurtheilung der entsprechenden Verbauungsmittel lehrreich, ist der in der französischen Literatur des öfteren beschriebene Bergsturz bei Cauterets in den französischen Pyrenäen, Abbildung Nr. 9, Seite 54. Eine besonders eingehende Darstellung findet sich in den bereits an anderer Stelle bezogenen Abhandlungen von Kuss[36]) und Demontzey.[35])

Auch die in der Fußnote enthaltenen Abhandlungen[170], [171], [172]) geben über dieses Objekt genauen Aufschluss.

Das Thermalbad Cauterets, das bedeutendste der Pyrenäen, ist in einem wilden Seitenthale der „Gave de Pau", welches bei dem vielgenannten Wallfahrtsorte Lourdes das Gebirge verlässt und gegen Nordwesten in die weite Ebene der Gascogne hinausströmt, in einer Höhe

170) „Forstliche Reiseskizzen aus dem mittäglichen Frankreich"; von Dr. F. Fankhauser. Zeitschrift für das schweizerische Forstwesen. Jahrgang 1897.

171) „La restauration des terrains en montagne, au Pavillon des forêts"; von P. Demontzey. Paris 1889.

172) „Le Péguère de Cauterets"; von E. Loze. Revue des eaux et forêts, Jahrgang 1896.

von 924 m über dem Meere an dem Ausgange einer tiefen Schlucht gelegen, deren steile Hänge nur stellenweise mit Wald oder Rasen bekleidet sind. Die größten Gebäude befinden sich am nordöstlichen Theile des „Pic de Péguère“, dessen 2330 m hoher Gipfel sie um etwa 1300 m beherrscht. Zwischen den beiden Thermalbädern „de la Raillère“ und „Mauhourat“ dehnt sich ein weiter, aus großen Granitblöcken zusammengesetzter Schuttkegel aus, dessen



Abbildung Nr. 9. Der Bergsturz bei Cauterets.
Aus: „Les terrains et les paysages torrentiels“ von M. de Gorsse.

Höhe 177 m beträgt, und der im untersten Theile mitunter gigantische Blöcke enthält. An der Spitze des Schuttkegels erhebt sich eine Felsencascade von 292 m Höhe und 148 Proc. Gefälle, deren oberes Ende in der Höhe von 1400 m den Hals eines weiten, 150 m breiten Couloirs bildet.

Von der Höhencote 1780 m nach aufwärts eröffnet sich ein weiter muschelförmiger Ausriss (Combe), dessen oberster Rand die Höhe von 2023 m erreicht. Die Bezeichnung muschelförmiger Ausriss

(Combe) ist im vorliegenden Falle nach Gorsse [173]) nicht zutreffend, denn die sogenannte „Combe de Péguère“ ist weder ihrer Form, noch ihrem Verhalten nach ein solcher Ausriss, vielmehr ein wahrhaftiges Couloir. Das Gefälle der hier tief eingeschnittenen Sohle schwankt von 85 bis 129 Proc.; die Höhe der Böschungen von 10 bis 30 m; die Fläche der horizontalen Projektion des ganzen Ausrisses beträgt nur etwa drei Hectar. Die Abbildung Nr. 10, Seite 56, zeigt die vorgenannten Theile der „Combe de Péguère“.

Der „Pic de Péguère“ besteht aus Granit, welcher zersprungen, zerspalten, in großen Blöcken die Hänge des genannten Ausrisses bedeckt. Zwischen diesen Blöcken befinden sich große, mit Sand ausgefüllte Räume. Die geringste, durch die Schwerkraft allein hervorgerufene Bewegung kann schon Bergstürze oder doch Steinschläge hervorrufen. Insbesondere aber ist es das Wasser, welches hiezu beiträgt. Nicht allein dass es infolge der Frostwirkung die Felsen zerklüftet, es löst im Frühjahre zur Zeit der Schneeschmelze die feinen Sandschichten auf und bringt die auf ihnen ruhenden Felstrümmer aus dem Gleichgewichte. Die Blöcke stürzen in die Tiefe, zerstieben in kleinere Stücke und überschütten nicht selten mit einem förmlichen Steinregen die beiden, den Schuttkegel einsäumenden Thermalbäder.

Die Verhältnisse hatten schon eine derartige Ausdehnung angenommen, dass selbst die Stadt Cauterets bedroht erschien.

Der „Pic de Péguère“ zeigt viele solche Ausrisse von ähnlicher Form, von ähnlichen Dimensionen, welche aber Dank der Berasung, Bebuschung, Bewaldung, vollkommen harmlos sind. So war es auch bei dem gegenständlichen Ausrisse. Ehemals, es sind nicht viele Jahre verflossen, war derselbe gut berast, bildete den Weg des täglichen Auftriebes für Schafe und Ziegen aus dem Thale von Cambasque in jenes von Mercadau. Der Tritt der Thiere im Vereine mit der unvermeidlichen Beweidung, haben die traurigen Verhältnisse herbeigeführt.

Im April des Jahres 1884 nahmen die bis dahin sich bemerkbar machenden kleineren Steinschläge gefährliche Dimensionen an, und förmliche Steinregen begannen den Bestand der Thermalbäder „de la Raillère“, „de Mauhourat“ und „de Saint Sauveur“ ernstlich zu gefährden. Im Juni 1884 wurden die Forsttechniker mit der Vornahme der nöthigen Schutzmaßregeln betraut.

173) „Les terrains et les paysages torrentiels“ (Pyrénées), par M. de Gorsse, Paris 1900.

Die erste Aufgabe war die eventuelle Enteignung jenes Gebietes, innerhalb welchem die nöthigen Arbeiten durchzuführen waren, welche Maßnahme aber durch die unentgeltliche Abgabe von 291 ha Bodenfläche zu dem gedachten Zwecke überflüssig wurde.



Abbildung Nr. 10. Die „Combe de Péguère".

Eine weitere Aufgabe bestand in der Herstellung von Fußpfaden und eines 6,8 km langen, 1,5 m breiten, wie eine Kunststraße tracirten Saumweges behufs Transport von Baumaterial und von Nahrungsmitteln, was in diesem fast unzugänglichen Terrain mit großen Schwierigkeiten und ständiger Lebensgefahr für die Betheiligten verbunden war. Der Weg windet sich bei

einer Steigung von 12—17 Proc. in unzähligen Kehren am Hange bis in den obersten Theil des Bruches empor. Auch für die Unterkunft der Arbeiter durch den Bau von 2, mit Schiefer gedeckten Gebäuden in der Höhe von 1600 m, musste Sorge getragen werden. Das eine, in Trockenmauerung hergestellt, und nachher durch einen Bewurf gedichtet, diente als Quartier für Arbeiter, das andere, in Mörtelmauerung errichtet, als solches für das Aufsichts- und Forstpersonale. Einstweilen wurde das Studium des interessanten Objektes fortgesetzt und führte zur Ueberzeugung, dass die ganzen Hänge bestimmt sind, in die Tiefe zu stürzen, wenn nicht entsprechende Gegenmaßregeln getroffen werden, und dass, da der Ausriss nur durch einen schmalen Rücken von einem benachbarten, der „Combe de la Glacière“ getrennt ist, im Falle der Verbreiterung für Cauterets selbst große Gefahr besteht. Auch ergab sich mit voller Sicherheit, dass das Entstehen und die Entwickelung des Ausrisses nicht auf eine unterirdische Bewegung zurückzuführen, sondern vielmehr der durch die Atmosphärilien verursachten rapiden Verwitterung und der Unterwühlung der Lehnenfüße, bei gleichzeitiger Aufweichung der zwischenliegenden Sandschichten durch das Wasser, zuzuschreiben sind.

Mehrere Verbauungsprojekte wurden aufgestellt: Zuerst beabsichtigte man, die Sohle des Ausrisses durch Herstellung einer Reihe von Querwerken, Thalsperren, vor der weiteren Vertiefung zu schützen. Die Gefährlichkeit der Oertlichkeit, das starke Gefälle, ließen aber dieses Projekt undurchführbar erscheinen. Dann dachte man daran, am Ausgange der Schlucht einen Damm derart schief anzulegen, dass die herabstürzenden Blöcke gezwungen werden, eine ungefährliche Richtung anzunehmen. Die Kostspieligkeit der Anlage und der Umstand, dass damit der Vergrößerung des Ausrisses nicht vorgebeugt werde, ließen auch dieses Projekt nicht durchführbar erscheinen. Sodann überlegte man die Anwendung der sogenannten „resille Chambard“. Dieselbe besteht aus einem aus Rundeisen hergestellten Netz mit dreieckigen Maschen, welches zerlegbar und leicht transportierbar ist und manchen Vorteil bietet. Es ist leicht zu legen, schmiegt sich den zahlreichen Unebenheiten des Terrains leicht an, und ist dauerhaft genug, um bis zum Erfolge der durchzuführenden Berasung und Aufforstung hinreichenden Schutz gegen den Absturz zu gewähren. Die Anschaffung und das Legen dieses Netzes wurde auf 150000 Frc. veranschlagt. Allein die vorhandenen großen Steinblöcke, das

starke Gefälle, ließen das möglichst ununterbrochene Legen und das Befestigen dieses Netzes schwierig erscheinen, abgesehen davon, dass die großen Spalten und Löcher zwischen den Steinen mit denselben überhaupt nicht bedeckt werden konnten. Die in dieser Oertlichkeit zu überwindenden Schwierigkeiten waren eben ganz besonderer Art. So sind anzuführen: Die Nothwendigkeit die Arbeiten im Sommer zum Schutze der Badegäste einzustellen; der Mangel an geeigneten Arbeitskräften; das Verbot der Entnahme von Stein im Bruche selbst im Hinblick auf die Möglichkeit von Steinschlägen und Bergstürzen; der Mangel an jedem Schutze für die Arbeiter, die stets in großer Gefahr schwebten, dann der Mangel an Wasser u. dgl. m. Um allen diesen Umständen Rechnung zu tragen, dachte man sodann daran, eine größere Thalsperre von 6—8 m Höhe am unteren Ende des Ausrisses, hauptsächlich zu dem Zwecke zu errichten, um die während der Arbeit aus den oberen Partien etwa herabstürzenden Steine aufzuhalten und damit die Arbeit zur Sommerzeit zu ermöglichen. Allein auch dieser Plan erwies sich als unzweckmäßig, denn die Blöcke hatten im Absturz nicht selten Sprünge von 30 m Höhe gemacht, hätten also das Objekt sicherlich übersprungen. Endlich entschloss man sich zu den folgenden Arbeiten:

1. Entfernen aller jener Blöcke, deren Absturz drohte und gefährlich schien.
2. Berasung und Aufforstung des Terrains zwischen den Blöcken, bei Verwendung von Rasenplaggen.
3. Herstellung von Mauern, sei es zur Stütze der Blöcke, sei es zur Förderung der Berasung und Aufforstung.

Im Mai des Jahres 1886 wurde mit diesen Arbeiten begonnen.

Was die ersteren anbelangt, so waren dieselben naturgemäß sehr gefahrvoll und bedurften besonderer Vorsicht, denn nicht selten brachte das Entfernen eines Blockes den Nachsturz 20 bis 30 anderer mit sich. Man bediente sich daher theils langer Hebel, theils schwacher Sprengschüsse, und räumte stets nur soviel ab, als durch die unmittelbar folgenden Consolidirungsarbeiten sicher gestellt werden konnte. Diese letzteren begannen an der [illegible] Stelle, die dazu sicher genug erschien, und rückten nach aufwärts hin vor. Sie bestanden in der Bekleidung der Böschungen mit Rasen oder Trockenmauerwerk, eventuell auch in der Anlage von Stützmauern oder kleineren Sperrbauten. Die Berasung wurde

durch 50–60 cm im Geviert messende Rasenplaggen bewerkstelligt, welche eine Stärke von 8–10 cm hatten, so dass das ganze Wurzelwerk zur Versetzung gelangen konnte. Die Größe der Plaggen war nur durch die Möglichkeit des Aushubes und des Transportes beschränkt. Großen Plaggen wurde der Vorzug eingeräumt. Die Gewinnung derselben erfolgte im Frühjahre oder im Herbste und zwar am Westabhange des „Pic de Péguère“, auf der Weide von Cambasgue, in einer Höhe von gegen 2000 m. Es wurde hiebei darauf gesehen, dass die Bodenoberfläche nicht in größerer Ausdehnung vom Rasen entblößt werde, und sich rasch wieder begrünen könne. Je zwei solcher Rasenplaggen wurden mit der Erde gegeneinander gelegt, auf den Schultern zum Wege getragen, mit Rollbahn bis zum Bruche gefördert, dann per Drahtseil einzeln herunter gelassen und schließlich bis zum Orte der Verwendung wieder getragen. Auf den zu bekleidenden Stellen legte man die Rasen hart aneinander, klopfte sie tüchtig an und befestigte sie mit 2—3 Pflöcken.

Was die Mauerungen anbelangt, so kamen kleinere Grundschwellen in den runsenartigen Terrainvertiefungen, dann Blockuntermauerungen und Böschungspflasterungen überall dort zur Herstellung, wo die Möglichkeit der Berasung ausgeschlossen war. Alle Mauerungen sind trocken bewerkstelligt, weil sie das Durchsickern des Bodenwassers gestatten und besser der Frostwirkung in dieser Höhe widerstehen. Allerdings erforderten solche Mauern größere Stärke, als wenn sie in Mörtel gelegt worden wären, doch war die größere Bauökonomie im Hinblick auf den kostspieligen Transport des Verbindungsmittels noch immer gewahrt. Uebrigens handelte es sich im vorliegenden Falle darum, die einzelnen Blöcke und Blockanhäufungen in dem Gleichgewichte, in welchem sie sich gerade noch befanden, zu erhalten, weshalb von einer besonderen Inanspruchnahme durch Druck nicht die Rede war. Dagegen musste in erster Linie getrachtet werden, die schädliche Wasserwirkung zu beheben, dem Wasser sonach möglichst freien Abfluss zu gestatten. Es wurden deshalb nur in selteneren Fällen Mörtelmauerungen in Anwendung gebracht. Der Transport des Materiales und die Fundierung der Bauten hatten naturgemäß ihre großen Schwierigkeiten. An langen Seilen mussten oft die Arbeiter herunter gelassen werden, um mit leichten, wie an die Felsen angeklebten Gerüsten die zu verbauenden Stellen erst zugänglich zu machen. Die Höhe der Mauern übersteigt

selten 4—5 m. Bei höheren Anlagen sind sie staffelförmig mit 1—2 m hohen und 35—50 cm breiten Bermen angeordnet. Die ziemlich sorgfältig hergerichteten Bausteine sind derart eingemauert, dass die Steine der Krone stets etwas unter den Fuß der nächst oberen Mauer zurückreichen. Das Mauerwerk schmiegt sich der Terrainconfiguration vollkommen an und die sich etwa ergebenden



Abbildung Nr. 11. Verbauungen in der „Combe de Peguère."
Aus „L'extinction des torrents en France par le reboisement"; von P. Demontzey.

leeren Zwischenräume sind mit kleinen Steinen ausgefüllt. Die Abbildung Nr. 11 zeigt eine derartige Anlage.

Innerhalb der Zeit von 1886—1892 sind die vorbeschriebenen Arbeiten durchgeführt und ist hiemit die eigentliche Aufgabe gelöst worden. In der Folge wurden dann die kahlen Flächen mit Bergkiefer, Lärche und Zirbe in bedeutender Ausdehnung von 92 ha aufgeforstet. Bis zum Jahre 1894 betrugen die Gesammtkosten der ganzen Verbauung in runder Ziffer 195.000 Francs, welcher verhältnismässig hohe Aufwand in dem hohen Werte der geschützten [illegible] Begründung findet.

Bei bereits erfolgten Bergstürzen, durch welche der unterhalb befindliche, berast, bewaldet oder sonst bebaut gewesene Boden mit Schutt bedeckt wurde, lässt sich stets auf diesem eine erhöhte Neigung zur Runsenbildung, Murbildung, erkennen. Ist der Fuß des Bergsturzes überdies der Corrosion ausgesetzt, so ist das Bestreben zur Materialabfuhr in erhöhterem Maße vorhanden. In solchen Fällen ergeben sich im allgemeinen zwei Arten von Arbeiten. Die erste besteht in der Herstellung von gepflasterten Rinnen, oder von Sickergräben zu dem Zwecke, um das Meteorwasser über die Schuttablagerung unschädlich abzuleiten. Sobald als thunlich, ist sodann das Schuttfeld zu berasen und aufzuforsten. Im zweiten Falle ist vorerst der gefährdete Fuß des Schuttfeldes vor dem Angriff des Wassers entsprechend zu schützen. In ersterer Richtung von Interesse ist der Bergsturz von d'Arbin, der sich im Mai 1891 vom südlichen Abhange des „Roche du Guet" ablöste und die Stadt Arbin in Savoyen bedrohte.

Schon im Jahre 1792 entstand nach Kuss[36]) in dem genannten Gebiet ein Bergsturz, doch war derselbe von geringer Bedeutung.

Das Ereignis vom Jahre 1891 aber, — kleine Abbrüche, Murgänge, erfolgten in kurzen Zeiträumen nacheinander bis in das Jahr 1892 —, war ein sehr bedeutendes und auf die geologischen Verhältnisse, auf das Vorhandensein einer Quelle (Pierre Combet) und auf die bedeutende Bodenneigung zurückzuführen Die durchgeführten Arbeiten bestanden in der Verhinderung weiterer Bodenbewegungen im Abbruchgebiete und in der unschädlichen Ableitung des Wassers über den Schuttkegel des Bergsturzes. Wie zumeist in allen ähnlichen Fällen, so war es auch hier schwer, das Arbeitsfeld zugänglich zu machen, und mussten vorerst Steige und Transportwege mit Lebensgefahr für die Arbeiter zur Herstellung gelangen. Durch ein weitverzweigtes Netz von Entwässerungsgräben gelang es sodann, die genannte Quelle, sowie die Meteorwässer abzüleiten, und auf diese Weise das Einsickern derselben zu verhindern.

Die Gräben erster Ordnung, von den Dimensionen 1,50 m oberer, 0,7 m unterer Breite, folgen der Linie des Bergsturzes, dagegen sind jene zweiter Ordnung, 0,8 m oben, 0,4 m unten breit, beide 1 m tief, nach der Richtung des jeweilg herrschenden größten Gefälles in den Lehnen ausgehoben. Alle Gräben sind unten schalenförmig, 0,1 m stark ausgepflastert und mit grobem Gestein ausgefüllt. Im untersten Theile des Bergsturzes sind klei-

nere Gräben, 0,5 m tief, zu dem Zwecke gezogen, um die Meteorwässer zu fangen. An der Spitze des Schuttkegels vereinigen sich alle Gräben zu einem Sammelgraben, in welchem die Wässer einem versicherten Rinnsale zugeführt werden. Diese Arbeiten wurden im Jahre 1894 vollendet. Im Verlaufe des Baues, und zwar im Jahre 1892, versuchte man den Anbau von Futtergräsern behufs Berasung des Bruchterrains. Da dies in Folge der Dürre der Jahre 1892 und 1893 nur theilweise gelang, wurde die Arbeit 1895 fortgesetzt und gleichzeitig mit der Anpflanzung von Weißföhre, Bergkiefer, dann von Weiden- und Pappelstecklingen begonnen. Die Gesammtkosten aller dieser wirkungsvollen Arbeiten betrugen mit Ende December 1899 rund 38000 Francs, eine geringe Ziffer im Vergleich zu den durch den Bergsturz schon verursachten und in Zukunft noch zu erwartenden Schäden.

Als ein Beispiel für die zweite Art von Arbeiten ist der Bergsturz von „Bec-Rouge“, im Arrondissement von Moutiers, Departement Savoyen, insofern anzusehen, als dessen Schuttkegel vom Wildbache „Nant de Saint-Claude“, wie dies aus Abbildung Nr. 12, Seite 63, zu ersehen ist, angenagt wird. Auch hierüber gibt Kuss[36]) nähere Auskunft.

Die Massen des Eruptivgesteins, aus welchen hier das Gebirge geformt ist und welche fast senkrechte Abstürze aufweisen, sind durch die eindringenden Regen- und Schneewässer, dann die Wirkung des Frostes zerklüftet, gespalten, und drohten in größerer Ausdehnung zu Thal zu stürzen; oft haben einzelne Blöcke von mehreren hundert Cubikmeter Gehalt die Thalfahrt angetreten. Die Schuttanhäufung am Fuße des Berges gewann an Ausdehnung und erreichte endlich den genannten Wildbach, dessen Materialführung durch die Erosionswirkung am Schuttkegel stets bedeutender wurde. Besondere Hochwässer der Jahre 1882 und 1883 führten zu bedeutender Abfuhr der Schuttkegelmassen und zu großer Beschädigung und Bedrohung des Weilers Champet und seiner Kulturen. Im Jahre 1886 wurde mit den Schutzbauten begonnen, deren Fortschritt wegen der nöthigen Verhandlungen vorerst ein langsamer war.

Die Versicherung des Fußes des Schuttkegels erfolgte durch eine Reihe von Thalsperren, die sich gegenseitig zu unterstützen und ein mäßigeres Gefälle im Wildbache herzustellen hatten. Bis zum Jahre 1900 waren nahezu sämmtliche Werke errichtet und man ist jetzt daran, die weiteren Arbeiten, die auf ähnliche

Verhältnisse wie beim Bergsturz von d'Arbin zurückzuführen sind, zu bewerkstelligen.

Oft muss von der Herstellung von wirkungsvollen Sicherungsbauten behufs Beruhigung alter Bergsturzmassen oder Verhin-



Abbildung Nr. 12. Der Bergsturz von „Bec-Rouge".
Aus: „Eboulements, glissements et barrages"; von M. Kuss.

derung des Abganges neuer, sei es der Schwierigkeit der Ausführung, sei es des verhälnissmäßig hohen Kostenaufwandes halber, abgesehen werden. Ein Beispiel in dieser Richtung bietet der Seite 36, 1. Theil, erwähnte Bergsturz am Blisadona-Tobel bei Langen in Vorarlberg. Behufs Sicherung der Trace der Arlberg-

bahn vor weiteren Bergstürzen wurde der gewaltige Schuttkegel mit Hilfe eines Tunnels unterfahren. Die unterhalb im Thale gelegene Ortschaft Klösterle musste vor dem Vorrücken der alten oder vor neu hinzukommenden Bergsturzmassen durch gemauerte Dämme wenigstens theilweise geschützt werden, was auch im Interesse der Verminderung der Geschiebeführung des Alfenzbaches gelegen war. In Abbildung Nr. 13, Seite 65, ist im Vordergrunde der untere, von der Bahn unterfahrene Theil des Schuttkegels ersichtlich; weiter abwärts sind die Ortschaft Klösterle und die linksufrige Einfassung der untersten Bergsturzmasse durch Schutzdämme zu sehen.

Was die Verhinderung des Steinschlages anbelangt, so bietet unstreitig der Wald, und zwar der dichte, nahe am Entstehungsorte des Steinschlages gelegene Wald den besten Schutz. Laubhölzer leiden durch ihn weniger als Nadelhölzer, sind widerstandskräftiger und verdichten sich übrigens auch durch Ausschlag leichter. An steinschlaggefährlichen Stellen ist sonach der Wald zu erhalten und wenn nöthig, in besseren Schluss zu bringen, d. h. dessen Verdichtung anzustreben. Ist der Abtrieb des Bestandes geboten, so ist vorsichtig zu verfahren. An Stelle des Kahlschlagbetriebes hat unbedingt der Plenterbetrieb zu treten. Bei der Fällung empfiehlt es sich, die Stöcke in der Höhe von 50—80 cm stehen zu lassen und das etwa nicht verwendbare Material, als Aeste, Abfallholz u. dgl. m. quer hinter die Stöcke zu legen.

Ist es notwendig zum Schutze von Steinschlägen Waldbestände zu begründen oder zu erweitern, so wird die Aufgabe eine schwierigere. In erster Linie ist darauf zu sehen, dass das von oben herabstürzende Material an unschädlichen Stellen möglichst zurückgehalten werde und den jungen Anpflanzungen nicht schaden könne. Zäune, aus Schwartlingen hergestellt, Flechtzäune, Pfahlreihen, Trockenmauern, an geeigneten Stellen angebracht, können diesem Zwecke dienen. Auf der Schutthalde selbst, welche das Absturzmaterial liefert, erhalten derartige Bauten eine mittlere Höhe von etwa 15 cm und verlaufen in der Horizontalen. Sie sind in der Regel in den oberen Partien dichter zu stellen, als in den unteren. Vortheilhafter ist es aber immer, die Schutthalde in ihrem untersten Theile durch Trockenmauern abzuschließen. In diesem Falle sind die Mauern von dem Fuße der Schuttablagerung zurückzuziehen, um für den Schutt vieler Jahre Platz zu schaffen. Selten wird die Höhe solcher Mauern 2 m übersteigen. Im Bedarfsfalle

können an ihrer Stelle Flechtwerke, Pfahlreihen u. dgl. m. aufgestellt werden.

Immerhin kommt zu berücksichtigen, dass derartige Aufforstungen, auf deren Durchführung an anderer Stelle zurückge-



Abbildung Nr. 13. Klösterle und der Bergsturz am Arlberge.

kommen wird, mit erheblichem Kostenaufwande verbunden und dass sie daher nur in ganz besonderen Fällen durchzuführen sind, dies um so mehr, als der Steinschlag zumeist doch nur von geringerer Bedeutung für das Regime der Gewässer ist, ihm in den meisten Fällen nur eine örtliche Bedeutung für Communicationen, Baulichkeiten u. dgl. m. zukommt.

Vorkehrungen gegen Gletscher.

Anlässlich des internationalen Forstcongresses zu Paris, 1900,[73]) wurde auch die Frage des Schutzes gegen Lawinen und Gletscher besprochen. Die Behandlung des ersten Gegenstandes, des Lawinenschutzes, auf welchen noch zurückgekommen wird, bot im allgemeinen keine neuen Gesichtspunkte, dagegen wohl jene hinsichtlich des bis nun nicht zu häufig besprochenen Schutzes gegen Gletscher.

Es kann behauptet werden, dass den Gletscherbewegungen, Gletscherstürzen, nichts zu widerstehen vermag. So soll im Jahre 1848, um nur ein Beispiel herauszugreifen, der Aletschgletscher im schweizerischen Rhonethale bei Eggishorn, einen herrlichen Tannenbestand im Alter von über 200 Jahren in einer Länge von 4 Kilometern zerstört haben.

Nichtsdestoweniger kann es in einzelnen Fällen möglich sein, sich wenigstens gegen Wiederholungen von Katastrophen zu schützen; eine fleißige Beobachtung der gefährlich scheinenden Gletscher oder Gletschertheile ist unter allen Umständen geboten.

Der obgenannte Congress hat demnach auch den sehr zu beachtenden Beschluss gefasst, es sei in jedem Lande ein Gletscherbeobachtungsdienst zu dem Zwecke einzurichten, um einerseits die Wiederholung von Katastrophen ein und des nämlichen Gletschers hintanzuhalten und um anderseits auch über Gestaltung und Bewegung der Gletscher reichlichere Erfahrungen zu sammeln. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Einführung eines solchen Dienstes von außerordentlichem Vortheile wäre.

Die Mittel zur Vermeidung von Gletscherkatastrophen lassen sich, ähnlich wie bei Bergstürzen, am besten aus Beispielen erkennen.

Ist die Bildung eines Eissees durch Thalabschluss eingetreten, so kann die Herstellung von Staumauern, welche die Aufgabe haben, den Abfluss großer Wassermassen thunlichst zu verhindern, nötig fallen. Lehrreich in dieser Richtung ist die Seite 39, 1. Theil, erwähnte Gletscherkatastrophe im Martellthale und die sich hieran knüpfenden Schutzmaßnahmen.

Ueber diese letzteren gibt die bezogene Abhandlung Mayrs[38]), sowie einschlägige Arbeiten der beiden hervorragenden Gletscherforscher Dr. Richter und Dr. Finsterwalder in den Mitteilungen

des deutschen und österreichischen Alpenvereines, Jahrgänge 1889, 1890, 1891 und 1895 vollen Aufschluss.

Es geht zunächst hervor, dass es nahezu unmöglich sei, die Ausbrüche des Zufallferners, selbst für die Zukunft zu verhindern, denn die Ueberfüllung des Seebeckens oberhalb der das Thal absperrenden Gletscherzunge erfolgt nahezu ausschließlich durch den von dem sonnseitigen Thalgelände herabkommenden Butzenbach, Fig. 1, und wenn die zuerst abfließenden Schmelzwässer dieses Baches die Durchflusshöhle der Gletscherzunge geschlossen finden, so muss der gefährliche Aufstau des Wassers erfolgen.

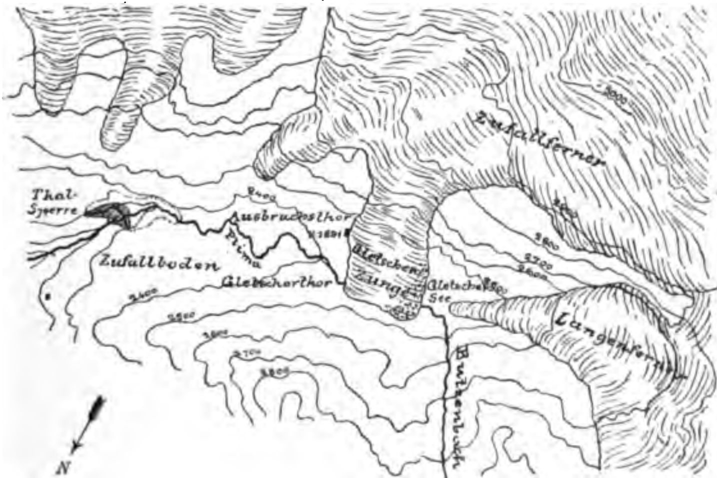


Fig. 1. Situation des Staudammes im Martellthale, Tirol.

Die Untersuchung hat aber ergeben, dass es nicht thunlich ist, den Butzenbach endgiltig abzuleiten. Es müsste dies nämlich in jedem Frühjahre vorgenommen werden, wäre jedoch aus dem Grunde nicht durchführbar, weil erfahrungsgemäß die Gletscherausbrüche im Martellthal Mitte Juni erfolgen, d. i. nur wenige Tage nach Eintritt jener Zeit, zu welcher die Oertlichkeit zugänglich wird. Für diese Arbeit würden sonach im günstigsten Falle nur einige Tage, mithin nicht genügend Zeit zur Verfügung stehen. Es konnten deshalb nur solche Vorkehrungen ins Auge gefasst werden, durch welche einerseits das Wasser im Falle des Gletscherausbruches möglichst nahe der Ausbruchsstelle zurückgehalten und aufgestaut und anderseits der Abfluss des Wassers

auf ein solches Maß vermindert wird, dass er den unteren Thalgebieten keinen Schaden bringen kann.

Solche Vorkehrungen konnten im vorliegenden Falle auch getroffen werden, da sich ca. 1,5 km unterhalb des Gletscherthores, am sogenannten oberen Zufallboden, das Thal plötzlich verengt und in eine schmale, tiefe Felsschlucht übergeht und deshalb eine Absperrung durch ein Stauwerk, Fig. 1 und Abbildung



Abbildung Nr. 14. Staudamm mit Staubecken im Martellthale, Tirol.

Nr. 14, mit verhältnismäßig geringen Kosten durchführbar war. Statt zur Mauerung musste zur Anschüttung geschritten werden, weil der Transport von Cement und Kalk mit großen Kosten verbunden gewesen wäre, auch wären Ausführung, Erhaltung der Mauer unter den sehr ungünstigen klimatischen Verhältnissen dieser Hochlage mit großen Schwierigkeiten verbunden gewesen. Der Kern des Dammes wurde aus Material angeschüttet, welches den nahen Gletschermoränen entnommen wurde und aus mehr oder weniger großen Steinen bestand, deren Zwischenräume mit feinerem Material ausgefüllt wurden.

Die untere, thalseitige Böschung des im allgemeinen trapezförmigen Dammes wurde als regelrechtes Pflaster im Böschungsverhältnisse 3:4 angelegt; das Pflaster ist an der Krone 0,40 m stark und nimmt auf je ein Meter Tiefe, senkrecht gemessen, um 0,04 m Stärke zu. Behufs Erzielung einer gleichmäßigen und unveränderlichen Bettung wurde das Pflaster 0,60 m tief mit Steinen unterschlichtet, außerdem wurde der Dammfuß an der tiefsten Stelle in der engen Felsschlucht auf eine Böschungslänge von 15 m vollständig als Steinschlichtung ausgeführt, um die Setzung des Dammes zu vermindern und gleichmäßiger zu gestalten, und um allfällige Sickerungen in der Schluchtsohle unschädlich zu machen.

Die obere, bergseitige Dammböschung wurde mit einem regelmäßigen Pflaster von 0,50 m Stärke verkleidet und zwar in drei Stufen mit Bermen vom Böschungsverhältnisse 2:1, 3:2 bis 5:4. Die unterste Partie in der Schlucht, welche ohnedies bis zur Höhe des Stollenauslaufes der Verschlämmung anheimfällt, wurde mit Steinen angeschüttet und an der Außenseite pflasterartig mit einer Böschung von 3:4 abgeglichen.

Auch die rückseitige Pflasterung wurde mit Steinen unterschlichtet, so zwar, dass die Steinschlichtung mit der vorgelegten Pflasterung dem Seitendrucke der Dammböschung entsprechenden Widerstand leistet. Die Krone des Dammes wurde mit einem 0,40 m starken Pflaster, welches auf einer 0,60 m starken Steinbettung ruht, verkleidet. Sowohl das Pflaster an der Bergseite, als auch jenes an der Thalseite wurden bis auf den Felsen fundiert und an demselben regelrecht angelagert.

Für die Wahl der Höhe der Dammkrone waren, wie bereits vorhin erwähnt, einestheils der Fassungsraum des Staubeckens und anderntheils die bei dem Ausbruche im Jahre 1891 über den Verlauf und die Gewalt des Ausbruches an der Gletscherzunge gesammelten Erfahrungen maßgebend.

Die Gestaltung des Füllungsraumes des Staubeckens hinter der Klause war durch Aufnahmen bekannt, so dass für jede Seespiegelhöhe auch die Masse des aufgestauten Wassers und umgekehrt die Seespiegelhöhe ermittelt werden konnte.

Die aufgestaute Wassermenge ist für jeden Zeitpunkt gleich der vom Gletscher herankommenden Ausbruchsmenge, weniger der durch den im Damme ausgesparten Stollen, Abbildung Nr. 15, bis dahin abgelaufenen Wassermenge. Da die ankommende Wassermenge gleich der ausbrechenden Wassermenge ist, welche aus dem

allmählichen Sinken des Eissees während des Ausbruches erhoben werden konnte, so war die Ermittelung der allmählichen Aufstauung des Wassers in der Klause möglich.

Die höchste Aufstauung hätte 13,95. m über der Stollensohle betragen und bei einer Höhencote für die Stollensohle von 2292 m wäre der Wasserspiegel hinter der Klause im Maximum auf 2305,95 m gestiegen.



Abbildung Nr. 15. Abflussstollen im Staudamm, Martellthal, Tirol.

Der größte Wasserabfluss im Stollen hätte 3900 m³ per Minute, gleich 65 m³ per Secunde und die Maximalgeschwindigkeit 9,3 m per Secunde betragen.

Auf Grund dieser Berechnungen wurde die Höhencote des Dammes bestimmt und zur größeren Sicherheit eine Ueberhöhe von 1,05 m angenommen; die Höhencote des Dammes stellt sich demnach auf 2305,95 + 1,05 = 2307,00 m über dem Meere und für allfällige Steigerungen der Ausbrüche erübrigt im Staubecken ein Reserveraum von 70,000 m³.

Am rechtsseitigen Dammende hätte ein heftiges Ueberströmen

des Dammes nichts Bedenkliches an sich, da der Damm, so wie in der ganzen Strecke, auch hier auf Felsen fundiert ist, an keiner Stelle die Höhe von 5 m überschreitet und an den Felsen der Berglehne anstößt, weshalb der Wasserübersturz nicht gefährlich und ein Auswaschen der Einbindungsstelle nicht zu befürchten wäre. Anders gestalten sich hingegen die Verhältnisse an der linksseitigen Dammhälfte. Dort erreicht der Damm in der Schlucht, wo die Hauptmasse des überstürzenden Wassers zusammenströmen müsste, eine Höhe bis zu 25 m und das Ende des Dammes ist hier nicht in Felsen, sondern in Moränenschutt eingebunden. Auf dieser Seite darf ein Ueberströmen des Dammes nicht stattfinden, und um bei einem eventuellen Ueberlaufen des Dammes das überströmende Wasser auf die rechte Dammhälfte zu beschränken, wurde die linke Dammhälfte mittelst einer Aufmauerung um 1 m erhöht.

Die Länge des ganzen Dammes beträgt 331,7 m, wovon auf die rechtsseitige Dammhälfte 165,3 m entfallen. In dieser Strecke würde beinahe die ganze maximale Ausbruchsmenge vom Jahre 1891, pro Zeiteinheit, Platz zum Abfließen finden, so dass mit Rücksicht auf den gleichzeitigen Ausfluss durch den Stollen, eine Ueberströmung der linksseitigen Dammhälfte, welche übrigens trotzdem widerstandsfähig hergestellt wurde, nicht zu gewärtigen ist. Damit wird auch der zwar nicht notwendige, aber beruhigende Erfolg erzielt, dass das überströmende Wasser gänzlich außerhalb des Bereiches der Pflasterung in der Schlucht gegen den Bachunterlauf abgeleitet wird.

Die der allfälligen Ueberströmung überlassene Dammstrecke wurde horizontal, die linksseitige Dammhälfte mit Rücksicht auf die Ausmauerung für die Ueberhöhung mit einer Kronenbreite von 3 m, die rechtsseitige mit einer Kronenbreite von 2,50 m angelegt. Der Wasserstollen wurde mit einem Querschnitte von 7 m² ausgeführt. Es ergibt sich hiebei für den Ausbruch vom Jahre 1891 ein maximaler, sofort sich wieder vermindernder Abfluss von 66 m³, der für den äußeren Thallauf erträglich ist. Um aber auch in dieser Hinsicht sicher zu gehen und nachdem der Reibungscoëfficient für den Abfluss des Wassers im Stollen möglicherweise günstiger sein könnte, als in der Berechnung angenommen war, wurde der Querschnitt des Stollens am Auslaufe vom Firste herab auf eine Länge von 4 m auf 5 m² reduciert. Im Falle, als die beim nächsten Ausbruche zu pflegenden Erhebungen

eine Vergrößerung dieses reducierten Stollenquerschnittes als wünschenswert und zweckentsprechend ergeben würden, müsste die Decke des Stollens am Ausläufer abgesprengt werden, und um diese Arbeit zu erleichtern, wurden bereits die notwendigen Bohrlöcher für die Ladung der Minen angelegt.

Die Veringerung des Stollenquerschnittes konnte auch aus dem Grunde ohne Gefahr für den Damm vorgenommen werden, weil die fortgesetzten Beobachtungen am Zufallferner zeigten, dass die Gletscherzunge seit dem Jahre 1891 nicht mehr fortgeschritten, sondern im Gegentheile in steter, wenn auch langsamer Abnahme begriffen ist, woraus mit Sicherheit der Schluss gezogen werden kann, dass der nächste Ausbruch schwächer ausfallen wird, als der vom Jahre 1891, welcher der Berechnung der Wasserklause zu Grunde gelegt wurde.

Der ganze Bau ist über der Grenze des Holzwuchses gelegen, und da die Plima an dieser Stelle noch keine Geschiebe führt, ist weder eine Verstopfung des Stollenlaufes durch Wildholz, noch ein Auffüllen des Staubeckens durch Schotter zu befürchten.

Mit den Vorarbeiten wurde im Jahre 1891 unter Leitung der Bauorgane der Statthalterei in Innsbruck begonnen und es kam der Bau im September des Jahres 1893 zum Abschlusse. Die Kosten betrugen rund 75000 Kronen.

Ueber die gleichfalls auf Thalabschluss, ähnlich wie durch den Seite 39, 1. Theil, erwähnten Vernagtgletscher zurückzuführenden Katastrophen im Mareitherthale bei Sterzing in Tirol und den sich darauf gründenden Bau der sogenannten „Wasserstube“ am Aglsboden, gibt eine Schrift von Riedel[174]) erschöpfende Auskunft.

Veranlasst durch Ausbrüche eines Eissees, der sich periodisch am Uebelthalgletscher bildet, wurde das Mareitherthal, ein Seitenthal des Eisak, steten Ueberschwemmungen und Verwüstungen ausgesetzt. Die genannte, an geeigneter Stelle errichtete Wasserstube hat als Abschluss- oder Staumauer den Zweck, eine zeitweilige Zurückhaltung großer Wassermengen zu ermöglichen. Die dem Tiroler Landesbauamte übertragen gewesene Ausführung (1879—1880) geschah mit Ausnahme jener

174) „Ueber den Bau der Wasserstube am Aglsboden bei Sterzing in Tirol“; von Josef Riedel, Wien 1881.

„Wasserstube“ ist eine in Tirol geläufige Bezeichnung für die der Holztrift dienenden „Klausen“, einen der Thalsperre ähnlichen Bau.

Schichte, welche unter die Bachsohle reicht und die als Bruchsteinmauerwerk in hydraulischem Kalkmörtel hergestellt wurde, in Quadermauerwerk. Die ganze Höhe von 10 m zerfällt in 18 Schichten von 0,50 m Höhe, in eine von 0,40 m und in zwei von je 0,30 m Höhe. Die in das vertikal stehende Tonnengewölbe, das sich an gewachsenen, unverrückbaren Fels stützt, eingelegten Steine sind regelmäßig verklammt. Durch in der Mauerung aus-



Abbildung Nr. 16. Gletscherthor von „Tête-Rousse".

Aus: „Les torrents glaciaires"; von M. Kuss.

gesparte Fensteretagen erfolgt beständiger Wasserabfluss. In den ersten Etagen, die am meisten in Anspruch genommen sind, wurden die Steine, Gneisphillit, so bearbeitet, dass die Richtung der Struktur senkrecht auf die Richtung des Wasserabflusses steht, und so die Furchenbildung sehr erschwert wird.

Ein die Eisseebildung innerhalb des Gletschers betreffendes Beispiel bietet der Ausbruch des Gletschers „Tête Rousse" bei Saint-Gervais an der Arve, westlich vom Mont Blanc, vom 12. Juli

1892, welcher Ausbruch in der bezogenen Abhandlung von Kuss [18]) genaue Beschreibung findet. Der genannte Gletscher ist in einer Höhe von 3270 m gelegen, 416 m lang, 220 m breit. Seine ganze Oberfläche beträgt nur 10,55 ha. Seine Form ist die einer Ellipse mit der großen Achse nach der Richtung von Ost nach West gekehrt. Im Norden ist der Gletscher durch jenen „de la Griax“ und einen Felsengrat, im Osten durch den felsigen Hang „de l'aiguille du Goûter“ und „du dôme du Goûter“, im Süden durch einen Felsengrat, welcher ihn von dem Gletscher „de Bionnasset“ trennt und endlich im Westen durch zwei Felsenrippen begrenzt, zwischen welchen sich ein rundes Gletscherthor, Abbildung Nr. 16, befindet. Dort eingezwängt, endet der Gletscher plötzlich in einer verticalen Eiswand von 50 m Höhe, die einen Halbkreis von ca. 100 m im Durchmesser bildet. Das größte Gefälle an der Gletscheroberfläche ist in der Richtung Nordost und Südwest zu finden und beträgt 17,2—36,3 Proc. Der Gletscher bildet eine förmliche Insel und seine Bewegung ist eine außerordentlich langsame. Die Entleerung der sich am Gletschergrunde ansammelnden Schmelzwässer erfolgte durch das genannte Gletscherthor, dessen Breite 40 m, dessen Höhe 20 m betrug. Eine kurze Beschreibung des Gletscherausbruches des Jahres 1892 findet sich auf Seite 43, 1. Theil. Die Masse des aus dem Gletscherthore herausgeströmten Wassers wurde auf 100 000 m^3, die der abgebrochenen Eismasse auf beinahe ebensoviel, 90 000 m^3, geschätzt. Im Jahre 1894 war das Gletscherthor wieder so vollkommen vereist, dass die Stauwässer einen See bildeten, welcher im August 3,75 m, im September schon 8 m tief war. Im Jahre 1898 war von einem Ausbruche überhaupt nichts mehr zu bemerken und es konnte nicht beurtheilt werden, ob die im Gletscher angesammelten Wässer gefroren seien oder nicht, ob daher gegebenen Falles eine neuerliche Katastrophe erwartet werden könnte oder nicht. Das einzige Mittel, um einen neuen Ausbruch zu verhindern, schien in der Verhinderung der Ansammlung von Wasser unter dem Gletscher, d. h. in der Schaffung eines entsprechenden Abflusses gelegen. Ein solcher wurde an der Südseite in dem Felsengrate gesucht, welcher den Gletscher von jenem von Bionnasset trennt. Von da aus konnten die Wässer über einen steilen, steinigen Hang auf den großen, letztgenannten Gletscher geleitet werden, woselbst sie kein besonderes Unheil anzurichten vermöchten.

Zu diesem Zwecke erschien es geboten, einen Kanal von 120 m Länge, 2 m Breite und 2 m Höhe und etwa 10 Proc. Gefälle, Abbildung Nr. 17, herzustellen. Die bedeutende Höhenlage erschwerte naturgemäß diese Arbeit, die 240 Arbeitstage erforderte.



Abbildung Nr. 17. Unterirdische Galerie zum Gletscher von „Tête Rousse".
Aus: „Les torrents glaciaires"; von M. Kuss.

Die den Organen der französischen Staatsforstverwaltung anvertrauten Arbeiten wurden im Jahre 1898 begonnen und der Kanal am 27. September des Jahres 1899 bis zu einer Länge von 122 m geführt. Hievon entfielen 60 m auf Felsen und der Rest auf Eis, und zwar auf vollkommen festes, compactes Eis, ohne jede

Spalte, ohne jede Oeffnung. Im Jahre 1900 sind diese Arbeiten fortgesetzt worden und dürften zu der Ueberzeugung geführt haben, dass die unterirdischen Wässer gefroren seien, so dass für Saint-Gervais durch lange Jahre hindurch keine Gefahr droht. Im Falle des Vorhandenseins eines Gletschersees wäre es aber auf die geplante Weise möglich gewesen, ferneren Gletscherausbrüchen und den damit verbundenen Folgen zu begegnen.

Ueber die Verhältnisse des Gebietes der Arve und auch bezüglich der dort vorhandenen Gletscher, gibt eine Schrift von Bernard [175]) genauen Aufschluss.

Wenn es sich darum handelt, gefährliche Bewegungen des Gletschers, so vielleicht behufs Vermeidung von Gletscherabbrüchen hintanzuhalten, so kann dies mitunter durch Sprengungen bewerkstelligt werden. In gewissen Fällen kann es angezeigt sein, einen etwa in der Nähe befindlichen Bach auf den Gletscher zu leiten und so dessen Abschmelzen zu befördern. Das ist ein Mittel, welches nach Kuss [18]) oft angewendet wurde, um gefährliche Anhäufungen von Lawinenschnee rasch verschwinden zu machen und sicherlich, in einzelnen Fällen wenigstens, bei Gletschern angewendet, Erfolg haben könnte. Keinesfalls sollte den Gletscherkatastrophen gegenüber jede Vorsicht bei Seite gesetzt und jede Möglichkeit des Eingreifens abgesprochen werden.

Vorkehrungen gegen Lawinen.

Ein bei weitem dankbareres Feld, als es Bergstürze und Gletscher sind, bieten der Verbauung die Schneelawinen. Insbesondere kann dem Entstehen der Grundlawinen vielfach wirksam vorgebeugt und ihrer verheerenden Wirkung Einhalt gethan werden.

Die ältesten Schutzmaßregeln gegen Lawinen waren dazu bestimmt, gewisse Objekte unmittelbar zu schützen. Sie bestanden dort, wo es die Oertlichkeit erlaubte z. B. darin, Gebäude bergseits derart in den Boden hinein zu bauen, dass die Lawinen darüber hinwegfuhren. Als weitere derartige Schutzmaßregel galt und gilt die Errichtung von Erd- und Steinhaufen auf der Bergseite, hart oberhalb der zu schützenden Baulichkeit. Diese Hügel reichen bis zum Dachgiebel und werden „Ueberhöh“ genannt. Nach der Bergseite läuft der Bau in einen spitzen Winkel aus

175) „Les terrains et les paysages torrentiels“ (Haute-Savoie); von M. Bernard, Paris 1900.

und wird rechts und links von Mauern flankiert. Weil die obere Kante dazu bestimmt ist, die anbrechende Lawine zu theilen, so nennt man diese auch Spaltecke, sonst aber auch Triangel, Pfeil, Abwurf, Schutzstock. Derartige Bauten sind auch als Steinpyramiden hergestellt, deren schärfste Kante gegen den Lawinenzug gerichtet ist.

Schon aus dem Mittelalter sind solche und ähnliche Bauten, die den Schutz der Wohnstätten vor Lawinen bezweckten, insbesondere Schutzdämme, Mauern und Ablenkungswerke, bekannt. Die anfänglich sehr einfach gehaltenen und oft zu kleinen Dämme oder überhaupt unrichtige derartige Anlagen konnten ihren Zweck nicht erfüllen. Ein Beispiel in dieser Richtung bietet nach Pollak[44]) die Geschichte der Lawinen des Kurortes Leukerbad in der Schweiz. Im Jahre 1518 stürzte vom östlichen Bergabhange eine gewaltige Lawine auf den Ort, zerstörte viele Gebäude und tödtete 61 Personen. Trotz einiger Schutzvorrichtungen, Dämmen, kamen gegen Ende des 16. Jahrhunderts die Lawinen neuerdings, und zwar siebenmal in den Ort und zerstörten sämmtliche Bäder und Gasthöfe. Erst nach und nach erholte sich das Städtchen wieder, wurde aber am 17. Januar 1719 durch eine Staublawine bis auf die Kirche vollständig zertrümmert, wobei 53 Menschen um das Leben kamen. Neuerdings hergestellte Dämme konnten nicht hinreichenden Schutz gewähren. In den Jahren 1756, 1767 und 1793 drangen die Lawinen immer wieder zerstörend in den Ort. Im zweiten Jahrzehnte des vergangenen Jahrhunderts wurde mit der Herstellung eines großen Dammes begonnen, seit dessen Errichtung die Lawine nicht mehr schädlich auftrat, doch wurden neuerer Zeit, der erhöhten Sicherheit wegen, noch neue Arbeiten, und zwar der Verbau des Lawinenanbruchgebietes ausgeführt.

Keiner von den noch jetzt bestehenden älteren Schutzdämmen steht, demselben Autor nach, senkrecht zur Lawinenrichtung, sondern alle mehr oder weniger unter einem spitzen Winkel oder parallel zu demselben. Man war sich offenbar klar, dass der gegenüber einer Flüssigkeit nur schwer bewegliche Schnee, wenn er ziemlich senkrecht an eine Mauer kommt, sich dort aufstauen und, dem Druck nachgebend, die Mauer übersteigen wird, statt sich stromartig rechts und links an der Mauer entlang auszubreiten. Nur bei hoher Anprallwand, bedeutender Geschwindigkeit, großem Drucke und lockerem Schnee wäre dies möglich. Um sonach einen größeren Schneestrom zurückhalten zu können,

müssten je nach der Neigung des Terrains bedeutende Mauerhöhen zur Anwendung gelangen, wobei außerdem der zur Ablagerung nötige Raum oberhalb und längs der Mauern vorhanden sein müsste.

Auch ist einzusehen, dass eine schief zur ankommenden Lawine gestellte Schutzvorrichtung mit möglichst lotrechter Anprallfläche, weniger stauende und mehr ablenkende Wirkung hervorbringen wird. Die natürliche Ablenkungsfähigkeit einer Lawine hängt, wie Pollak weiter schreibt, vorwiegend von der Masse und der Geschwindigkeit ab. Geringe Mengen bei mäßiger Geschwindigkeit folgen selbst wenig eingeschnittenen oder tieferen, aber durch Schneeausfüllung seicht werdenden Mulden oder Runsen; größere Massen treten leicht über die Ufer, so dass Stauungen vermieden werden müssen; rasch daher kommende Lawinen übersetzen leicht Hindernisse, Ecken und Krümmungen und bewegen sich mehr in gestreckter Richtung. Dies sind Fingerzeige für die Behandlung der zu lösenden Aufgaben. Da ein Ablenkungswerk einerseits um so länger werden muss, je spitziger der Anprallwinkel wird, anderseits bei weniger spitzem Winkel die Länge des Leitwinkels wohl geringer wird, dafür aber die Stauung sich vergrößert und damit die Gefahr des Uebersteigens desselben wächst, so ist die Wahl des Winkels nicht gleichgiltig, doch nur auf Grund von Erfahrungen möglich. Der größte Winkel, unter dem noch ein künstliches Ablenken stattfinden kann, wird also von der Beschaffenheit des Schnees, der Bewegungsgeschwindigkeit, der jeweiligen Schneemenge, dem Rauhigkeitsgrade des Ablenkungswerkes und der Sohle des Ablenkbettes beeinflusst. Die Erfahrung hat diesbezüglich gelehrt, dass über einen Ablenkungswinkel von 44^0 nicht gegangen werden soll und dass ein Winkelwert von etwa 30^0 als ein brauchbares Mittel angesehen werden kann.

Oeffnungen in Leitwerken, in welche sich der Schnee möglicherweise mit Wucht presst, sind zu vermeiden oder aber auf das geringste Maß zu verringern. Um ein Aufsteigen der Lawinen zu erschweren, sind die Leitwerke durchwegs mit steiler, meist $^1/_5$—$^1/_2$ füßiger Böschung gegen die Lawinen gestellt, herzustellen

Es ist gewiss, dass einzelne Lawinen durch genügend hohe Leitwerke oder Einschnitte von ihrer verderbenbringenden Richtung abgelenkt oder durch ähnliche Werke in ihrer zerstörenden Wucht gemildert werden können, doch sind derartige Fälle

als Ausnahmen zu betrachten, da die Lawinen zumeist ihre Art, ihre Bahn, Breite, Stärke und somit ihre Masse und Wucht ändern, daher eine für alle Fälle genügende Sicherung, insbesondere für den ganz unberechenbaren Flug der Staublawine, nur unter Anwendung außerordentlicher Vorkehrungen erreichbar wird. Aber auch dann ist in vielen Fällen eine Bürgschaft für die Wirksamkeit kaum zu leisten. Die, wenn auch zumeist nur scheinbar geringen Baukosten solcher Anlagen laden allerdings zu ihrer Anwendung ein, doch wird man bald eines Besseren belehrt.

In besonderen Fällen, so zum Schutze der Straßen, sucht man nicht selten die Lawinen über diese Objekte zu leiten, und errichtet dann Galerien, indem die Straßen in die Felswände gelegt oder überbrückt werden. In einem anderen Falle wieder, Abbildung Nr. 18, ist, und zwar im Hallthale in Tirol, rechts der sogenannte „Fluchtweg“, eine an den Felswänden angelegte Holzgalerie zu sehen, welche es den Bergknappen ermöglicht, die im Winter durch Lawinen und zur Zeit der Schneeschmelze durch Felsstürze gefährdeten Straßentheile zu umgehen.[176]) Alle diese und ähnliche Maßregeln sind aber für den vorliegenden Zweck, die Regelung der Wasserabflussverhältnisse in den Wildbächen, von untergeordneter Bedeutung und überhaupt nur als Scheinmittel anzusehen.

Man hat im allgemeinen das System, Bauten gegen die Wirkungen der Lawinenstürze in den Thälern zu errichten, in neuerer Zeit verlassen, ist aufwärts in die Anbruchgebiete gewandert und hat dort mit verhältnismäßig geringen Mitteln bessere Erfolge erzielt.

Im Anbruchgebiete einer Lawine ist die Gewalt der in Bewegung gerathenen Schneemassen zumeist eine noch derart geringe, dass mit kleinen Mitteln helfend eingegriffen und die Ursache der Bildung, namentlich von Grundlawinen, behoben werden kann. Schwieriger ist es, Staublawinen und wohl auch Oberlawinen in ihrem Entstehen und ihren Wirkungen zu bekämpfen.

Die Verbauungsanlagen können in dauernde und vorübergehende untertheilt werden. Die ersteren, für welche der Steinbau zunächst zu berücksichtigen kommt, sind in jenen Anbruchgebieten auszuführen, wo die Bodenverhältnisse oder die Höhenlage eine

---

176) „Lawinenschäden im Forstbezirke Hall in Tirol.“ Winter 1895/96; von A. v. Lenk. Oesterr. Forst- u. Jagdzeitung. Nr. 5, Jahrgang 1897.

Bewaldung ausschließen, während dort, wo eine Aufforstung noch möglich und gleichzeitig auch veranlasst wird, den dann zumeist gewählten Holzbauten, da diese nach einer bestimmten Zeit durch



Abbildung Nr. 18. Fluchtweg im Hallthale, Tirol.
Nach einer Aufnahme von Arnold von Lenk.

den herangewachsenen, widerstandsfähigen Holzbestand ersetzt werden sollen, die Eigenschaft vorübergehender Anlagen zufällt.

Verbauungen ober der Vegetationsgrenze sind im allgemeinen in Stein auszuführen, weil dort der Holzbau gewöhnlich verhältnismäßig teuer zu stehen kommt und auch die Wiederinstandsetzung desselben mit größeren Kosten verbunden ist.

Unter der Vegetationsgrenze sind die Holzbauten Regel, es wäre denn, dass Felspartien oder überhaupt sehr schlechter Standort, weil eine Wiederbewaldung dann nicht beabsichtiget werden kann, einen bleibenden Verbau erheischen.

Vor Beginn jeder Lawinenverbauung ist es notwendig, die Anbruchstelle und den Lawinengang genau zu erforschen, was im Falle einer Grundlawine gewöhnlich leicht möglich ist, denn diese folgt, ähnlich wie das Wasser, den Vertiefungen des Bodens und ihre größte Schnelligkeit, somit in der Regel auch größte Wirkung, ist gleichfalls in der Mitte oder an der gekrümmten, concaven Seite zu suchen.

Als Abbaumittel im Anbruchgebiete sind alle Maßnahmen anzusehen, welche die Reibung zwischen Schnee und Unterlage vergrößern, sowie ein Abtrennen und Abrollen losen Schnees verhindern.

Die Lawinenbildung hindert dichter, geradstämmiger, nicht zu alter Wald, während, wie schon an anderer Stelle hervorgehoben wurde, steile Weideflächen, Wiesen, kahle Felshänge, Mulden, Runsen und Tobel die Bildung von Lawinen begünstigen; Krummholz-, Erlen-, Jungbuchen- und Junglärchenbestände, alle diese infolge ihrer Nachgiebigkeit, sie nicht immer und überall verhindern.

Es ist ein naheliegendes Mittel, durch Aufforstung der Anbruchgebiete die Bildung von Lawinen zu verhindern. Damit jedoch an solchen Stellen das Fortkommen von Waldkulturen überhaupt ermöglicht wird, sind bis zur Kräftigung derselben weitere Mittel in Anwendung zu bringen. Zu diesen zählen Erdgräben, Verpfählungen, Terrassierung und Schneefänge.

Erdgräben sind nach Coaz nicht ohne Wirkung, indem der Schnee sich in denselben festsetzt und die gesammte Schneemasse dadurch an den Boden festgehängt wird. Doch haben solche Gräben auch ihre Nachtheile. Ist der Boden locker oder wasserzügig, so brechen die äußeren Grabenränder, besonders im Frühling zur Schneeschmelze, leicht ein, und es können kleine Erdbrüche leicht gefahrbringend werden. Selbst dort, wo dies nicht zu befürchten ist, werden solche Gräben doch jährlich mehr oder minder zugefüllt, müssen wieder gereinigt werden, was jährlich wiederkehrende Ausgaben verursacht. Auch sind solche Gräben für das Alpvieh gefährlich, so dass ihre Anwendung in der Regel unterbleibt.

Auch die Terrassierung im lockeren Boden erfüllt ihren Zweck unvollkommen. Im felsigen Terrain kann dieselbe jedoch immerhin gute Dienste leisten, zumal die Terrassen hier haltbar und keine Rutschungen zu befürchten sind. Eignet sich das bei der Terrassierung gewonnene Material zur Aufführung niederer Trockenmauern und werden solche am äußeren Rande der horizontal verlaufenden, auch ihrer Breite nach wagrecht gelegten Streifen hergestellt, so kann nach Landolt[21]) der wirksamste Schutz gegen das Abrutschen des Schnees erzielt werden.

Die Verpfählung glatter Flächen besteht darin, dass Rund- oder Spaltholzpflöcke von 1,6 bis 2 m Länge und die ersteren 14—15 cm mittlerer Stärke, in den Boden getrieben werden. Gespaltenes Holz ist besser als rundes, weil es den Schnee besser zurückhält.

In der Schweiz stehen die Pfähle meist reihenartig in einer Pflockentfernung von 0,6 und einer Reihenentfernung von 1 oder auch mehreren Metern.

Aehnliche, längs des Bahnkörpers am Arlberge ausgeführte Anlagen haben bei nicht zu bedeutenden Schneehöhen und nicht zu trockenem, körnigem Schnee ihren Zweck erfüllt. Dort wurden seit Jahren Verpfählungen und zwar zur Hintanhaltung von Schneerutschen auf den Bahnkörper, derart hergestellt, dass auf je fünf Reihen Pfähle eine Lücke in der Breite von 5 m folgt, worauf wieder fünf Reihen u. s. f. folgen.

Die Pfähle stehen so, dass je vier ein Quadrat bilden, dessen Diagonale beiläufig in der Richtung der Falllinie des Hanges verläuft (schachbrettartige Anordnung). Da aus den 5 m breiten Lücken oder oberhalb der obersten Pfähle Abrutschungen von Schnee beobachtet wurden, so hat man am Arlberge, wohl nicht für eigentliche Lawinenzwecke, vielmehr zum Schutze der Pflanzen, eine Verpfählung ohne derartige Lücken, einen künstlichen Wald in Anwendung gebracht. Nicht zu hoch oberhalb der Verpfählung abgleitende Schneemassen gehen entweder zertheilt zwischen den Pfählen durch oder rutschen, wenn diese im Schnee stecken, darüber hinweg, in welchem Falle sie allerdings Schaden verursachen können. In der Abbildung Nr. 19 ist eine derartige Verpfählung ersichtlich.

Das beste Holz zu solchen Zwecken liefern die Lärche, die Zirbe und die Bergkiefer, nach ihnen die Fichte und die Tanne. Das Holz muss gesund sein und ist vor der Verwendung zu entrinden.

Eine künstliche Tränkung der Pfähle ist mit zu hohen Kosten verbunden und insoferne nicht notwendig, als ungetränktes Holz so lange halten kann, bis die Aufforstung vollzogen ist.

Das Ankohlen der Pfähle wird nicht empfohlen, da hiedurch ihre Festigkeit leidet, die Dauerhaftigkeit aber nicht besonders erhöht wird. Die Pfähle werden unten zugespitzt, wenn thunlich bis



Abbildung Nr. 19. Verpfählungen am Arlberge.
Nach einer photographischen Aufnahme von Vincenz Pollak.

auf 70—80 cm in den Boden lotrecht eingetrieben und mit Steinen ringsum sorgfältig verkeilt.

Die Pfähle sollen nicht über ca. 90 cm aus dem Boden hervorragen und bei seichtgründigem Boden dürfen sie selbst diese Höhe, der zu stark wirkenden Hebelkraft wegen, nicht erreichen. Die Verkeilung der Pfähle mit Steinen hält erstere mehr trocken und erhöht ihre Dauer. Beim Einrammen der Pfähle ist darauf zu sehen, dass sie nicht zersplittern, weshalb am besten hölzerne Schlägel in Anwendung kommen. Verpfählungen sollen nach jedem Winter mit Steinen frisch verkeilt und namentlich dann, wenn dieses Verkeilen wegen Steinmangel nicht thunlich wäre, auch

in den Boden nachgetrieben werden. Wird das erneuerte Befestigen der Pfähle unterlassen, so werden diese bei nächster Gelegenheit thalabwärts gedrückt und schließlich herausgerissen. Pfähle aus Föhrenholz mussten am Arlberg nach wenigen Jahren ausgewechselt werden. Bei einer Untersuchung zeigte ein 8 cm starker Pfahl bloß 1,5 cm festen Kern, alles Uebrige war ganz schwammig, weich.

Ueber der Waldgrenze sollen Verpfählungen, wie Holzwerk überhaupt, nur dann angewendet werden, wenn eine Aufforstung möglich ist und jene daher, nach genügender Erstarkung dieser, nicht mehr erneuert zu werden brauchen.

Die Wirkung solcher Verpfählungen wird naturgemäß um so größer sein, je mehr das Bauwerk vom Boden aufwärts durch die

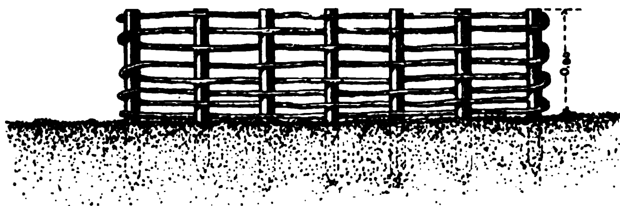


Fig. 2.

ganze gefallene Schneeschichte durchgreift. Immerhin werden ihre Wirkung sowie die verschiedenen Arten ihrer Anordnung durch weitere Studien noch erforscht werden müssen.

Die richtige Wahl der Oertlichkeit für die einzelnen Pfahlreihen ist wichtig. Begonnen wird stets bei der obersten Anbruchstelle und die Arbeit nach unten hin fortgesetzt, damit sich die Bauten, falls die Arbeit bis zum Winter nicht beendet sein sollte, doch erhalten können. Die Pfahlreihen sind behufs möglichst gleichmäßiger Vertheilung des Schneedruckes auf sämmtliche Pfähle, in die Schichtenlinie zu legen. Ferner sind sie am besten dort anzubringen, wo schwächeres Gefälle in stärkeres übergeht, weil sich da der Schnee hinter den Pfählen besser hält. Sind keine solchen Absätze vorhanden, so können bergseits der Pfahlreihen kurze Terrassen hergestellt werden.

In minder steilen Lagen und bei geringer Bodentiefe lassen sich dreiseitige Pyramiden, welche aus Pfählen hergestellt sind wobei die Pfähle am Kopfe durch einen hölzernen oder eisernen

Bolzen und Eisenring zusammengehalten werden, mit Vortheil verwenden. Die Bockfüße können überdies noch mittelst Querbändern verbunden und versteift werden.

Eine andere Art der Verbauung besteht darin, dass Pfähle in unterschiedlich langen Reihen aufgestellt, beziehungsweise 30—60 cm tief in den Boden eingeschlagen und dann mit Stangen-, Ast- und Abraumholz oder sonst wie verflochten werden, wobei die beiden Endpfähle besonders stark und gut verkeilt sein sollen, Fig. 2 u. 3.*)

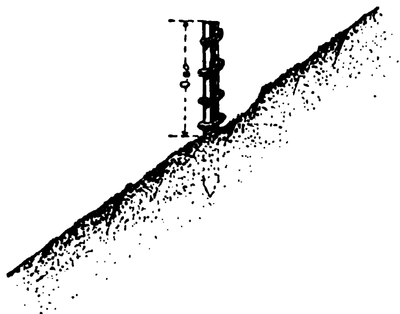


Fig. 3.

Es genügt, wenn diese 4—10 m langen Flechtreihen in Abständen von 6—15 m in horizontaler Linie ober- und unterhalb der Abbruchslinie derart gestellt werden, dass über einen Zwischenraum der unteren Reihe stets ein Flechtwerk in der oberen Reihe zu stehen kommt. Diese Art der Verpfählung kann sich dort empfehlen, wo die Pfähle für sich nicht genügend fest stecken, also in seichtgründigem, lockerem Boden und

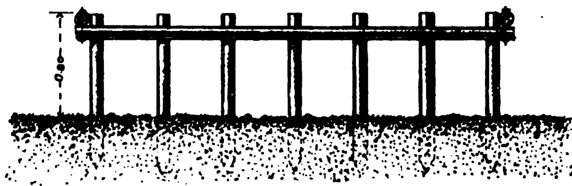


Fig. 4.

in sehr steilen Lagen, wo das Durchrutschen des Schnees zwischen den nicht verflochtenen Pfählen leichter erwartet werden könnte.

Sind kleine felsige Rinnen oder Gräben zu verbauen oder empfiehlt sich die Anwendung von Pfählen nicht, dann werden hölzerne Schneebrücken, Fig. 4 u. 5 errichtet, doch soll ihre Anlage auf

*) Obzwar die Beschreibung der einzelnen Bauherstellungen einem eigenen Kapitel vorbehalten bleibt, so sollen die Typen der Lawinenverbauungen, welch' letzteren doch nur im untergeordneten Maße der Wildbachverbauung dienen, schon an dieser Stelle kurze Erwähnung finden.

solche Partien beschränkt bleiben, wo bessere Bauherstellungen zu schwierig oder zu teuer sind. Eine solche Schneebrücke besteht aus einem Stammstück, ähnlich dem Tragbalken einer Brücke,

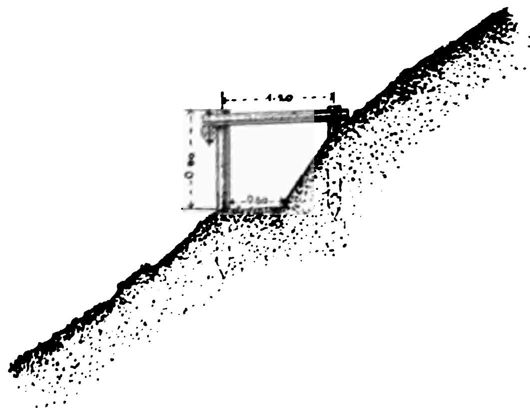


Fig. 5.

welches in den beiden Auflagern durch vorgeschlagene Pfähle befestigt wird. In Abständen von 20—30 cm werden an dieses Stammstück gegen den Hang gestellte Stangen befestigt. Bei großer Spannweite wird dasselbe auch noch durch unterstellte Joche versteift.

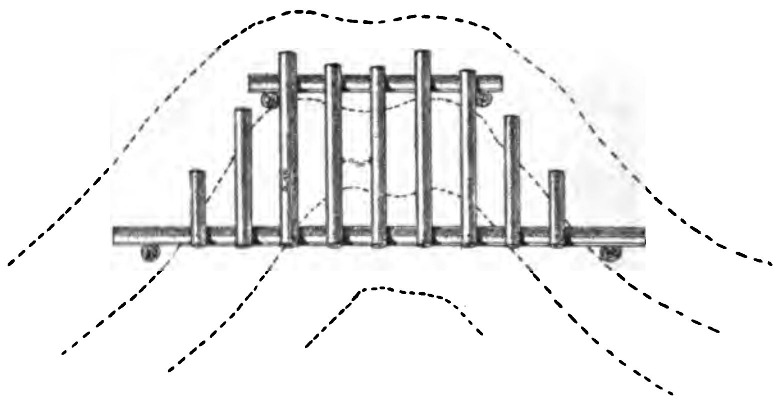


Fig. 6.

Eine andere Form der Schneebrücken ist in Fig. 6 und 7 dargestellt und besteht aus Säulen und Querhölzern, die im Anbruchgebiete zur Aufstellung kommen.

Die eigentlichen Schneefänge sind entweder aus Altschienenständern mit Altschwellen oder Holzriegeln oder aus Trockenmauerung hergestellt. Diesfällige Anlagen sind in den Fig. 8 u. 9

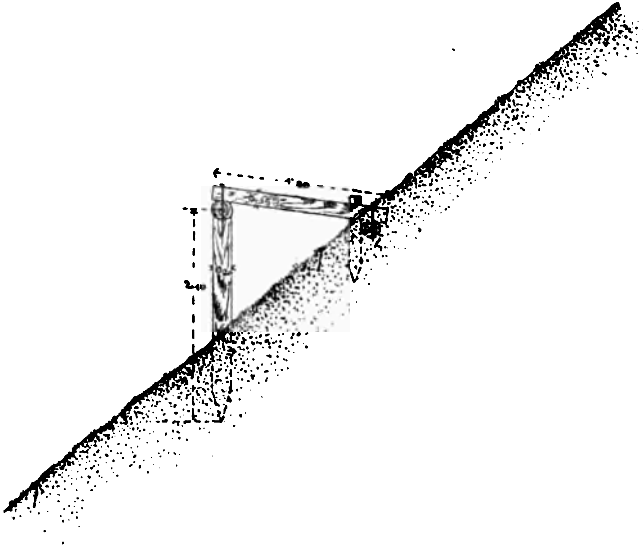


Fig. 7.

ersichtlich. Die ersteren sollen mit Rücksicht auf ihre alljährliche Erhaltung und Nachbefestigung, sowie bedeutenden Kosten

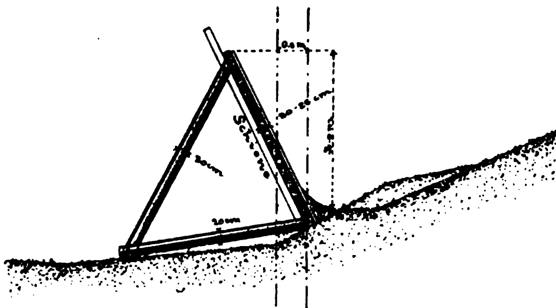


Fig. 8.

nur dort Anwendung finden, wo andere Mittel nicht möglich sind. Schneefänge in Trockenmauerung, bei geringer Stärke, 0,6—1 m, und 1—2 m Höhe, sind überall mit Erfolg zur Ausführung

gekommen, ohne dass an ihnen durch Schneedruck oder Lawinen Schäden zu bemerken gewesen wären. Auch ist derartiges Mauerwerk nicht allein fest und dauerhaft, sondern fast überall auszuführen. Allerdings stellen sich die Baukosten in der Regel ziemlich hoch. Dort, wo auch Oberlawinen thunlichst zu vermeiden sind, muss die entsprechend vermehrte Höhe der Mauern und überhaupt aller sonstiger Schneefangvorrichtungen ins Auge

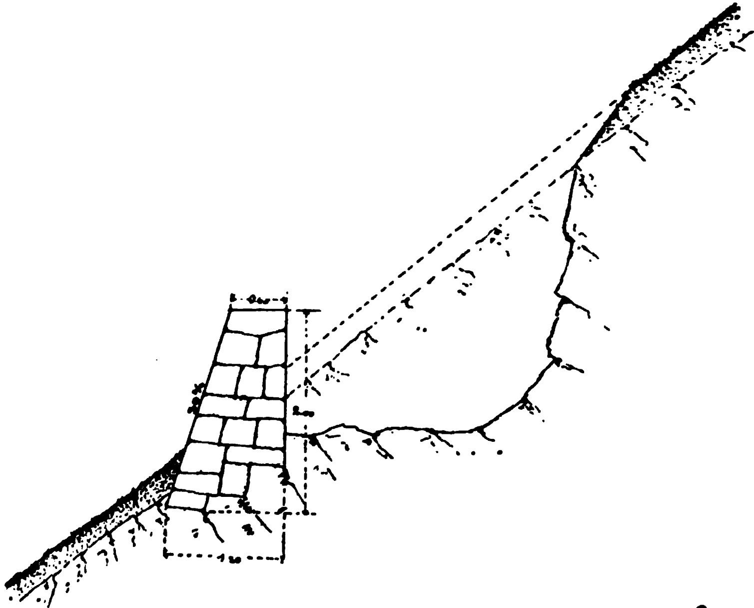


Fig. 9.

gefasst werden. Man hat denn auch in neuerer Zeit die Mauern bis zu 2 m hoch angelegt.

Die Mauer- oder Schneefanghöhe und der Höhenabstand der Werke muss eine schädliche, also rasche Bewegung der gefallenen oder zusammengewehten Schneemassen unmöglich machen.

Infolge mangelnder einschlägiger Erfahrungen lässt sich so lange nur probeweise, also dem Gefühle nach vorgehen, solange nicht ausreichende, einschlägige Beobachtungen vorliegen oder die Gesetze der Stützungsmöglichkeit, des Abrollens von Schnee und dessen Setzungserscheinungen an geeigneten Flächen nicht näher erforscht sind, und darin liegt bis heute die schwache Seite der ganzen Abbauweise.

Die Frage, ob die in der Regel in der Schichtenlinie, also, wenn in längerem Zusammenhange errichtet, wurmförmig verlaufenden Mauern, freistehend oder im hinterfüllten Zustande bessere Dienste leisten, ist dahin zu beantworten, dass die nicht hinterfüllten Mauern den Schnee jedenfalls besser zurückhalten dürften. Drohen jedoch größere Steinschläge, so sind die Mauern durch Hinterfüllung vor Beschädigungen möglichst zu schützen.

Die aus dem Mauerfundamente aufgeworfene Erde wird, um ihr Abschwemmen zu verhindern, mit Rasen bedeckt. Die Mauern werden trocken hergestellt, damit Schnee- und Regenwasser leicht durchfließen können. Die Flanken der Mauer sind besonders fest, gegebenen Falles in Cement zu erbauen. Die Krone ist sehr fest herzustellen, vielleicht auch mit Rasenziegeln zu bedecken. Die Länge der Mauern und deren Abstand hängt von der Bodenconfiguration ab. Unter allen Umständen kann die Entfernung der Mauern größer sein als jene der Pfahlreihen.

Ein weiteres Verbauungsmittel besteht in der Verwendung von Eisenstangen, von alten Grubenschienen, welche mittelst Bohrlöchern in den Fels eingelassen und mit Holz gedeckt werden. Als allgemeine Regel für die Anlage der letzt beschriebenen Verbauungen kann nach Coaz angenommen werden, dass sie reihenweise, und zwar in unterbrochenen Reihen, zu errichten sind. Diese Methode verursacht geringere Kosten und lässt, worauf oft Rücksicht genommen werden muss, den Viehdurchgang zu.

Ist der Hang mehr wellenförmig, so kommen die Verbaue in die Vertiefungen und zwar dorthin zu stehen, wo das Gefälle der Mulde in dasjenige des darunter liegenden Hanges übergeht. Wo Felsköpfe aus dem Boden hervortreten, sind Verbaue am Fuße derselben so herzustellen, dass der von den ersteren herabfallende Schnee sich leicht hinter die letzteren lagern kann.

Wo Oberlawinen zu befürchten, müssen Pfähle und Mauern etwas höher über den Boden ragen, die ersteren auch stärkere Dimensionen besitzen und womöglich 1 m tief in den Boden eingerammt werden. Uebrigens scheint es, dass durch die Vorkehrungen gegen Grundlawinen, zufolge der erzielten wellenförmigen Ausbildung der Schneeoberfläche auch dem Abgleiten der Oberlawinen gesteuert wird. Wenigstens konnte beobachtet werden, dass in einem verbauten Grundlawinenzuge keine Oberlawinen abgegangen sind.

Behufs Verhinderung des Entstehens von Schneeschildern, welche Grund- und auch Staublawinen verursachen können, werden 1—1,3 m hohe Mauern oder Flechtzäune als Schneefänge in einer oder in mehreren Reihen rückwärts der Ansatzstelle des Schildes hergestellt.

Uebrigens können auch innerhalb des Lawinenzuges oder am oberen oder unteren Ende desselben, Leitwerke errichtet werden, die nicht mit den Eingangs erwähnten derartigen Bauten zu verwechseln sind. Diese letzteren bezwecken den direkten Schutz gewisser Objekte, die ersteren die Ableitung der Lawine in eine andere Gleitrinne. Solche Leitwerke können gleichfalls aus Holz oder Stein bestehen und bekommen die Form einer schiefen Block- oder Balkenwand; mitunter werden sie auch aus einer hinreichend hohen Trockenmauer hergestellt, die sich in einer sanften Kurve längs des Hanges bis zu jener Stelle hinzieht, wo die Einleitung der abstürzenden Schneemassen erfolgen soll. Das Leitwerk bildet mit dem aufwärts ansteigenden Terrain die neue Gleitrinne; deshalb muss das Profil derselben dem Umfange der voraussichtlich zum Absturze gelangenden Schneemassen entsprechen, aber auch den genügenden Festigkeitsgrad besitzen, um dem Seitendruck der gleitenden Schneemassen widerstehen zu können.

Bei allen Verbauungen werden natürliche Anschlusspunkte, Felsköpfe u. s. w., zu wählen sein. Mit allen Verbauungen beginnt man an der obersten Anbruchstelle und führt sie nach unten fort, weil erstlich die unteren Objekte durch die Herstellung der oberen, so z. B. durch Steinsprengung, leiden könnten und weil die unteren ohne die oberen leicht beschädigt werden könnten. Quell- und Sickerwässer sollen gesammelt und abgeleitet werden. Alle Bauten sollen stets im Sommer untersucht werden.

Bei umfangreichen Lawinenverbauungen sollen nicht nur die Erhaltungskosten durch Aufforstung mit einer dicht gesetzten, äußerst stämmigen, kräftigen, dem Schneedrucke widerstehenden Holzart wesentlich verringert, sondern es soll außerdem noch eine größere Sicherheit erreicht werden, denn der zweckentsprechend dichte Wald ist ein sicheres und das beste Mittel zur Verhinderung des Entstehens von Lawinen.

Soll der Wald diesen seinen Zweck erfüllen, so muss er gewisse Eigenschaften haben, und zwar: Er darf nicht von offenen Streifen, Wiesen, Bächen, Runsen u. a. m., nach der Linie des größten Gefälles oder von größeren Lücken durchzogen sein,

auch sollen die einzelnen Stämme in ziemlich dichtem Schlusse stehen. Der Wald darf nicht zu alt werden, weil dann die Stämme zu weit voneinander zu stehen kommen und das Abgehen von Schnee zwischen denselben, bei gleichzeitigem Umstürzen alter, überständiger Bäume ermöglicht wird.

Ueberständige, wurzelunsichere Stämme sollen überall entfernt und die entstehenden Lücken nachgeforstet werden.

Ueber die Art der Aufforstung wird an anderer Stelle gesprochen werden.

Aehnlich wie bei Verhinderung des Steinschlages, ist es geboten, bestehende Waldungen zu erhalten, gegebenen Falles bei richtiger Auswahl der passenden Holzart auszudehnen und in entsprechender Weise zu bewirtschaften. Soweit das Gesetz die Handhabe hiezu bietet, sind demnach solche Waldungen in Schutz oder in Bann zu legen. Diesbezüglich fasste der internationale Forstkongress zu Paris, 1900, den Beschluss [73]), es mögen zum Schutze gegen Lawinen die Privatwaldungen im Gebirge, die Vorhölzer und die Alpen mit Holzwuchs, hinsichtlich ihrer Bewirtschaftung der besonderen Kontrole des Staates unterworfen werden.

Auch wurde anlässlich dieses Kongresses, und zwar vom eidgenössischen Oberforstinspektor J. Coaz, auf die Vortheile einer genauen Lawinenstatistik, wie eine solche schon seit längerer Zeit in der Schweiz geführt wird, hingewiesen. Diese Statistik hätte neben der Oertlichkeit und den gewöhnlichen orientierenden Angaben noch zu enthalten:

die Art der Lawinen, ob Grundlawinen, Oberlawinen, Staub- oder Gletscherlawinen, nebst Bezeichnung des gewöhnlichen Lawinenganges;

den Lawinenursprung;

die Beschreibung der Gebirgsformation und der Bodenform;

die Flächenausdehnung der Lawine;

den allfälligen Lawinenverbau, wann derselbe stattfand, Art und Maß der Leistungen;

Angabe, ob die Verbauung mit einer Aufforstung verbunden wurde; Ausdehnung der letzteren; Holzarten und Kostenbetrag u. s. w.

Näheres hierüber ist in der bezogenen Abhandlung von Coaz zu lesen.[41])

Das diesbezügliche Vorgehen in der Schweiz scheint übrigens im Auslande Anklang gefunden zu haben, da, wie Coaz mittheilt, das italienische Ministerium des Inneren bereits diesfällige Aufträge an die Präfekten und Forstämter der in den Alpen liegenden Provinzen ertheilt hat.

Von Interesse ist übrigens auch die Angabe, die Coaz über das Vorkommen von Lawinen in anderen Staaten gibt, wobei auf die diesbezügliche Literatur verwiesen wird.

Außer auf Oesterreich (Alpen, Karpathen, hohe und niedere Tatra), Italien (Apennin), Frankreich (Alpen und Pyrenäen) wird auf den Schwarzwald, dann auf die Gebirge Norwegens verwiesen, woselbst der schweizerische Konsul in Christiania, Hefti, einen Verbau in Art einer Spaltecke vorgefunden haben soll. Die Gebirge Schwedens, dann der Ural und Kaukasus, in welch' letzterem Galerieverbaue zu finden sind, weisen wenig Lawinen auf. Vogesen und Cevennen haben keine Lawinen.

Zum Schlusse möchte noch auf einige besondere Lawinenverbauungen hingewiesen werden.

In erster Linie erwähnenswert ist die zum Schutze der Bahnstation Langen und der anschließenden Trace der Arlbergbahn durchgeführte. Auf sie beziehen sich die Abbildungen Nr. 19, Seite 83 sowie Nr. 20 und deren Beschreibung findet sich in den bezogenen beiden Veröffentlichungen Pollaks[44, 45]). Diese mit großem Geldaufwande, großer Mühe und Sachkenntnis bewerkstelligte Arbeit hat gleichzeitig wesentlich zur Erweiterung der Kenntnis der Lawinen- und Schneebewegungen beigetragen. Die Abbauweise im Anbruchgebiete bestand der Hauptsache nach in der Herstellung von horizontal verlaufenden Trockenmauern im Verein mit kleineren Verpfählungen und im Zusammenhange mit umfangreichen Aufforstungsarbeiten. Manche Verbauungsgrundsätze, welche Pollak in seinen beiden Schriften aufgestellt hat und welche auch im Vorstehenden berücksichtigt sind, sind der genannten Lawinenverbauung zu verdanken.

Ueber eine ähnliche Lawinenverbauung im Gebiete der Rax, Nieder-Oesterreich, auf welche sich Abbildung Nr. 21 Seite 94 bezieht, theilt Pokorny[177]) Ausführliches mit.

---

177) „Ueber Verbauung von Schneelawinen mit Anführung zweier bereits ausgeführter und in ihrer Bauweise verschiedener Lawinenverbauungen in Oesterreich"; von Adalbert Pokorny. Oesterr. Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst. [illegible] 10 und 11, 1901.

Der unter dem Namen „Lahngrabenlawine“ bekannte Lawinenstrich befindet sich im östlichen Theile des Raxgebietes gegen das Höllenthal. Das Niederschlagsgebiet des Lahngrabens umfasst eine Fläche von rund 100 ha und tritt daselbst als Grundgestein meist dolomitartiger, leicht zerbröckelnder Kalk auf, welcher im obersten Theile, dem Lawinenanbruchgebiete, von einer ca. 20 cm starken Humusschicht überdeckt ist, deren üppige

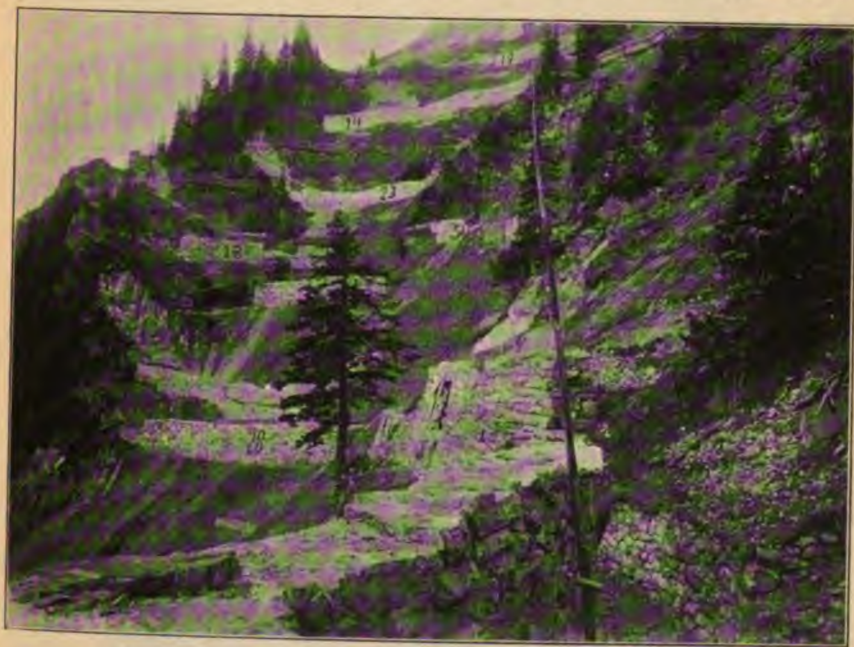


Abbildung Nr. 20. Schneefänge in Trockenmauerung am Arlberge.
Nach einer photographischen Aufnahme von Vincenz Pollak.

Grasnarbe das Abgleiten der Schneemassen besonders begünstigt. Der Graben ist kesselartig tief geformt und hat äußerst scharf geneigte Abdachungen, in welchen überdies zahlreiche, sehr steile Terrainfalten, Wasserrisse, Schutthalden, auftreten. Der als Lawinengang dienende Hauptgraben besitzt bei der geringen Längenausdehnung von nur 2 km ein außerordentlich starkes Gefälle, welches in den obersten Theilstrecken, dem eigentlichen Anbruchgebiete, stellenweise bis 80 Proc., im mittleren Theile 50 Proc. und im untersten Verlaufe noch immer durchschnittlich 23 Proc. aufweiset.

THE UNIVERSIT

Die sehr steilen Gehänge tragen im allgemeinen eine zufriedenstellende Bestockung von Fichten in Mischung mit Lärchen, und stellenweise Rotbuchen der verschiedensten Altersabstufungen. Das eigentliche Anbruchgebiet umfasst hochgelegene, nur mit Gras-



Abbildung Nr. 21. Verbauung der Lahngrabenlawine im Rax-Gebiete, Nieder-Oesterreich.

vegetation versehene Ausmuldungen und meist tief eingeschnittene Rinnen. Die Lawinen brachen regelmäßig als Grundlawinen an ein und derselben Oertlichkeit ab und nahmen stets den gleichen Weg längs der tiefsten Grabenstelle.

Die durchgeführten Verbauungsmaßnahmen erstreckten sich

zunächst auf das eigentliche Anbruchgebiet und bestanden in Schutzmauern und Schneebrücken, wobei grundsätzlich dort, wo geeigneter Baustein zu finden war, ausschließlich Mauern, sonst aber Schneebrücken errichtet wurden; auch wurde von der Anlage von Holzbauten thunlichst abgesehen, um nicht durch die Entnahme einer größeren Bauholzmenge aus den ohnehin nicht allzu dicht bestockten Einhängen nachtheilige Bestandeslücken hervorzurufen.

Das für die Mauern benötigte Steinmaterial wurde thunlichst unmittelbar ober den Baustellen gewonnen, so dass auf diese Weise gleichzeitig ein größerer, muldenförmiger Raum zur Ansammlung und Festhaltung der Schneemengen geschaffen war. Die Dimensionierung der Mauern war ausschließlich durch die Terrainverhältnisse bedingt, so zwar, dass bei stärkerer Neigung des Bodens höhere und dementsprechend auch stärkere Mauern zur Ausführung gelangten. Im allgemeinen wurde nicht unter 2 und nicht über 3 m Höhe gegangen, während die Kronenstärke zwischen 60 und 80 cm, der thalseitige Anzug zwischen 25 bis 30 Proc. schwanken. Ebenso war die Dimensionierung der 2 bis 2,5 m hohen Schneebrücken von der Terrainbeschaffenheit abhängig.

Pokorny beschreibt auch eine mit der Verbauung des Schmittenbaches bei Zell am See, Salzburg, in Verbindung stehende Lawinenverbauung.

Die Ursache der Lawinengänge, Grundlawinen, war die fast alljährlich sich wiederholende Bildung einer oft 8 bis 10 m hohen Schneewächte am Kamme der Schmittenhöhe, in einer Seehöhe von 1935 m, die bei Südwind abbrach und den Lawinenabgang in erster Linie hervorrief. Dieser letztere beschädigte die ausgeführten Verbauungsarbeiten und die mit großer Mühe und großen Kosten bewerkstelligten, über 100 ha messenden Aufforstungen.

Angestellte Beobachtungen haben die Ueberzeugung verschafft, dass die Bildung der Schneewächte durch die Anlage eines Sturmbrechers, dessen Höhe durchschnittlich 3,5 m und dessen Entfernung vom Rande des Steilabfalles 7 bis 10 m zu betragen hat, zu verhindern sein wird. Dieser Sturmbrecher wurde denn auch in Form eines 3 m hohen, 1 : 2 geböschten, an der Krone 1 m starken, abgepflasterten Dammes ausgeführt. Gleichzeitig wurde auch die Aufforstung des Lawinenstriches mit Zirbe und Spirke (Pinus montana var. uncinata) und zwar durch sorgfältigste Pflanzung bewerkstelligt.

In Oesterreich ist jedoch auf dem Gebiete der Lawinenverbauung noch viel zu schaffen und groß sind die dort in manchen Jahren abgehenden Schneelawinen, wie dem in der Fußnote[178]) angegebenen Berichte zu entnehmen ist.

Die in der Schweiz ausgeführten Lawinenverbauungen sind zahlreich und es geben hierüber die beiden angeführten Schriften von Coaz[41, 46]) mancherlei Aufschluss.

Ueber eine französische Lawinenverbauung und zwar jene im Thale von Barèges, speciell in der Runse oder dem Lawinengange von „Theil", gibt die bezogene Abhandlung von Campagne[45]) genauen Aufschluss. Die dort ausgeführten Arbeiten bestanden der Hauptsache nach in der Herstellung von größeren Thalsperren in dem Hauptrinnsale behufs Verlangsamung des Lawinenabganges, dann zu demselben Zwecke, in der Ausführung von Trockenmauern, Banquettes, in den Seitenrinnen und auf den Gehängen.

Mitunter und zwar dort, wo genug kulturfähiger Boden vorhanden war, wurden Banquettes nur mit Hilfe der Schaufel in einer Länge von 5 m hergestellt, und auf diese dann 7 bis 8 Stück Pflanzen gesetzt.

Die Trockenmauern stehen auf Terrassen, welche gegen die Bergseite etwas geneigt sind und an der Thalseite durch Rasenbelag geschützt werden.

Die Mauern sind thalwärts 1 : 4 geböscht und an der Krone etwas gegen den Hang geneigt; Höhe und Länge der Mauern richten sich nach den Terrainverhältnissen. Schließlich wurde zur Aufforstung mittelst Hackenkiefer, Schwarzföhre, Fichte und Lärche, dann mittelst Saat von Eiche, Buche, Birke, Mehlbeere, Esche, Vogelbeere geschritten. In drei anderen Lawinengängen (Midaou, Hount-Nègre, Badaillo) sind ähnliche Arbeiten im Zuge.

Ueber diese Arbeiten gibt übrigens auch Demontzey[37]) genauen Aufschluss.

---

178) „Die im Winter 1887/88 in Tirol und Vorarlberg abgegangenen Schneelawinen"; von Martin Franz. Mittheilungen des Forstvereines für Tirol und Vorarlberg, VII. Heft, 1888.

Einschränkung der Erosion, der Corrosion und der Unterwühlung.

Vorkehrungen gegen Erosion.

Wenn es sich um die Bekämpfung der Erosion, und es ist hier stets die Sohlenerosion gemeint, handelt, so kommen, wie dies bereits an anderer Stelle erörtert wurde, im allgemeinen zwei Methoden zur Anwendung. Entweder es wird durch den Einbau von Querwerken, Thalsperren oder Grundschwellen, der Sohlenwiderstand gehoben, und hiemit in der Regel bei Staffelung der Sohle gleichzeitig auch der Abfluss der Wässer und des Geschiebes verlangsamt, oder aber es wird die Sohle, sei es durch Pflasterung, sei es durch Holz- oder Rasenbelag oder auf sonst eine andere, der Oertlichkeit entsprechende Art, mehr oder weniger glatt ausgebildet, ausgeschalt, cunettiert, und auf diese Weise der Abfluss der Wässer und der Transport des Geschiebes beschleunigt.

Es kann noch eine dritte Art von Maßnahmen gedacht werden, bei welcher eine allenfalls erzielte, erhöhte Rauhigkeit der Sohle, bei gleichzeitiger Bindung des Bodens, die Erosion erschwert.

Die Maßnahmen gegen die Erosion sind aber im übrigen so mannigfache und so von den örtlichen Verhältnissen abhängige, dass es schwer fällt, sie in der wünschenswerten, vollkommen systematischen Weise zur Beschreibung zu bringen, was um so wertvoller wäre, als das von den Wildwässern geführte Geschiebe größtenteils auf die Erosionserscheinung zurückzuführen ist, die Bekämpfung der letzteren daher als ganz außerordentlich wichtig angesehen werden muss.

Es soll in den folgenden Ausführungen an den vorgenannten Methoden festgehalten werden, wobei sich Gelegenheit bieten wird, auf die in den Wildbächen des Hochgebirges und in jenen der Berg- und Hügelländer mit Vortheil geübte Verbauungsart hinzuweisen.

Wurde schon in dem Kapitel über das allgemeine Verbauungssystem darauf verwiesen, unter welchen allgemeinen Verhältnissen die Staffelung, und unter welchen die Ausschalung in Anwendung zu kommen haben, so können diesfalls im besonderen die nachfolgenden Grundsätze namhaft gemacht werden.

Bei den Wildbächen des Hochgebirges findet die Staffelung mittelst Querwerken, welch' letztere dann den Namen Konsolidierungswerke führen, in den unteren und mittleren Theilen,

im Falle geringer Wasserführung der betreffenden Rinnsale, so in trockenen Runsen, auch wohl in den obersten Gebieten unter den dort dann in der Regel vorherrschenden höheren Gefällswerten statt. In diesen letzteren Gebieten ist bei zu erwartender größerer Wasserführung die Ausschalung unter den schon an anderer Stelle gemachten Voraussetzungen anzuempfehlen. Um zunächst das Wesen derartiger Verbauungen zu veranschaulichen, dienen die Abbildungen Nr. 5, Seite 32, und Nr. 22, von welchen jene Nr. 5 die Staffelung eines Rinnsales mittelst Querwerken, Thalsperren aus Stein, jene Nr. 22 eine solche mittelst Querwerken aus Stein und Holz darstellen.

In Abbildung Nr. 5 ist die Verbauung eines Theiles des Gödnacherbaches bei Lienz in Tirol ersichtlich. Das Grundgestein dieses Wildbaches bilden Glimmer- und Thonschiefer, die von mächtigen Schotterlagen überdeckt sind. Durch die Erosion in diesen Geröllmassen wurden bedeutende Rutschungen verursacht und ist deren Entwickelung durch den großen Quellenreichtum im Niederschlagsgebiete noch wesentlich unterstützt worden.

Die an und für sich schon außerordentliche Beweglichkeit dieses Materiales wurde noch durch die Abholzung und namentlich durch die unvorsichtige Auslieferung des Holzes bedeutend erhöht. Die größte Rutschfläche dieses Wildbaches ist die Folge eines alten Kahlschlages, der schon vor vielen Jahren angelegt und dessen Wiederbewaldung verabsäumt wurde. Die Mittel zur Behebung der Uebelstände bestanden, was die Bekämpfung der Sohlenerosion auf einer gewissen Strecke des Baches betrifft, in der systematischen Anlage von Querwerken, Thalsperren oder Grundschwellen.

Die Abbildung Nr. 22 veranschaulicht einen durch Staffelung verbauten Theil des Kreuzbergbaches, eines Seitenzuflusses des Hallstätter Mühlbaches bei Hallstatt im österreichischen Salzkammergute. Der Hallstätter Mühlbach bedrohte den zum größten Theile auf seinem Schuttkegel befindlichen Markt Hallstatt und bei weiterer Erosion im Sammelgebiete den Salzbergbau. Das im Thalgrunde dieses Wildbaches vorhandene Salzlager wird von einem aus Mergelschiefern, Gips- und Kochsalzschnüren bestehenden Schutzmantel umgeben, welcher das Eindringen von größeren Mengen atmosphärischen Wassers erschwert. Da die Mächtigkeit dieses Schutzmantels sehr wechselnd, 2—20 m und darüber, und der Abschluss durch denselben auch kein hermetischer ist,



Abbildung Nr. 22. Sohlenstaffelung im Hallstätter Mühlbache; Ober-Oesterreich.
Aus: „Geschichte der österr. Land- und Forstwirtschaft und ihre Industrien, 1848 bis 1898."

dringen immerhin kleinere Mengen Wasser in die Tiefe des Salzberges ein.

Nach Ansicht der Geologen ist die das Salzlager schützende Decke im obersten Gebiete am geringsten, weshalb namentlich dort bei fortschreitender Vertiefung der Bachsohle der Durchbruch und die Außerbetriebsetzung des Salzbergbaues zu befürchten waren. Die durchgeführten Verbauungsarbeiten verfolgten daher den Zweck, die Sohle des Wildbaches sammt Zuflüssen gegen Tieferwühlungen zu sichern, die Rutschungen zu befestigen, demzufolge auch die Materialerzeugung im Sammelgebiete zu verhindern und durch umfangreiche Aufforstungs- und Berasungsarbeiten auf einen langsameren Abfluss der Niederschläge hinzuwirken.

Durch die im Bilde ersichtliche Staffelung mit Stein und Holzsperren wurde das bestandene durchschnittliche Längsgefälle der Bachstrecke von 22 auf 3 Proc. herabgemindert und die Tieferwühlung der lockeren Bachsohle verhindert.

Die photographische Aufnahme erfolgte einige Jahre nach Vollzug der durch Forsttechniker bewerkstelligten Verbauung, zu welcher Zeit die kahlen Rutschflächen bereits theilweise mit einer Strauchholzvegetation, Erlen und Weiden, bestockt waren, was auf die vollständige Beruhigung der Anbrüche schließen lässt.[179])

Die so veranschaulichte und zunächst den Gegenstand der Besprechung bildende Staffelung oder Abtreppelung, die nachweisbar schon im 17. Jahrhundert in Tirol geübt wurde [180]), besteht sonach in der Errichtung eines Querwerkes oder einer ganzen Reihe solcher, und zwar Thalsperren oder Grundschwellen, je nachdem ihre Höhe über der Bachsohle etwa 2 m oder darüber beträgt. Diese Ziffer ist jedoch nicht als etwas feststehendes anzusehen, denn auch Oertlichkeit und Bauart können den Charakter des Querwerkes bestimmen.

Handelt es sich um die Verhinderung der Erosion auf kurzer Strecke, so kann die Errichtung eines Querwerkes genügen, welches, die entsprechende Höhe vorausgesetzt, die Sohle auf eine gewisse Strecke nach aufwärts hin zu beherrschen im Stande ist. Ist das

179) „Die Wildbachverbauung in den Jahren 1883—1894"; herausgegeben vom k. k. Ackerbau-Ministerium in Wien, 1895.

180) „Die Weißlahn bei Brixen." Ein Beitrag zur Geschichte der Wildbachverbauungen, von Franz Kreuter. Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines. Jahrgang 1899, Heft Nr. 35.

Objekt, als Grundschwelle gedacht, vollständig in die Sohle eingebaut, so dass dessen Krone im Sohlenniveau gelegen ist, so ist es geeignet, die Sohle wenigstens an der Baustelle vor der Vertiefung dann zu bewahren, wenn gleichzeitig, — und es gilt dies für jedes derartige Objekt —, für die Verhinderung der Auskolkung thalwärts Sorge getragen wird.

Soll eine längere Strecke vor Erosion in gemeinter Weise geschützt werden, so muss eine Anzahl von Querwerken, die unter sich in einem gewissen Zusammenhange zu stehen haben, zur Herstellung gelangen.

Es soll vorderhand von jenem Falle abgesehen werden, in welchem nicht allein eine weitere Sohlenerosion zu verhindern ist, sondern gleichzeitig auch zum Zwecke der besonderen Böschungssicherung eine wesentlichere Erhöhung der Sohle einzutreten hat.

Von diesem Falle abgesehen und unter der Voraussetzung, dass gleichzeitig durch anderweitige, im höher gelegenen Theile des Niederschlagsgebietes des Wildbaches durchgeführte, auf die Verminderung der Geschiebeführung abzielende Maßnahmen, eine förmliche Verschüttung der Querwerke nicht zu erwarten ist, wird sich oberhalb eines jeden Querwerkes *S*, Fig. 10, ein schwächeres Gefälle, *x* Proc., gegenüber dem vorbestandenen *y* Proc. entwickeln, und es soll, wie dies schon an anderer Stelle hervorgehoben wurde, Aufgabe dieser Verbauungsart sein, durch diese Gefällsverminderung das den jeweiligen Verhältnissen entsprechende Ausgleichsprofil, und zwar für kurze Bachstrecken gleichbleibend, für längere nach oben zunehmend, zu schaffen.

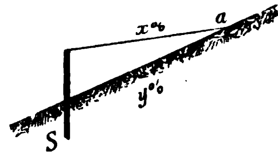


Fig. 10.

Unter Voraussetzung der Ermittelung oder der Annahme desselben auf Grund der Beobachtung bezw. Erfahrung, siehe die diesbezüglichen Ausführungen des IV. Abschnittes, ist es erforderlich, sollen Objektsunterwaschungen oder die Erosion auf den Zwischenstrecken vermieden werden, dass auf der zu sichernden Strecke die künftige gestaffelte Sohlenlinie unter diesem Ausgleichsprofile zumindest von der Krone des einen Objektes bis zum Fuße des nächst höheren, Fig. 11, reiche. Nachdem das sich oberhalb der einzelnen Querwerke ansammelnde Material die Verlandungskörper bildet, so wird die zu erzielende künftige Sohlenlinie, welcher der Wert des Ausgleichsprofiles zukommen soll,

auch Verlandungslinie genannt. Ist nur ein über die Sohle erhöhtes Objekt, Fig. 10, vorhanden, so reicht dessen Wirkung bis zur Verschneidung *a* seiner Verlandungs- mit der ursprünglichen Sohlenlinie, und mit seiner Höhe wächst seine Wirkung.

Wird der einfache Fall der Sohlensicherung mittelst Staffelung, Fig. 12, ins Auge gefasst, so ist zu ersehen, dass der gleiche

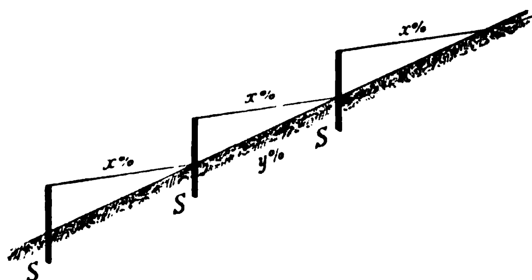


Fig. 11.

Erfolg, d. h. die Abstaffelung einer gewissen Bachstrecke unter einem gewissen Verlandungswinkel auf gleich langer Bachstrecke, mit Hilfe einer geringeren Zahl, aber höherer Bauobjekte erzielt werden kann, bezw. dass es auch möglich ist, die gewisse Bachstrecke mit einem einzigen Objekt S_1 zu beherrschen. Es gilt

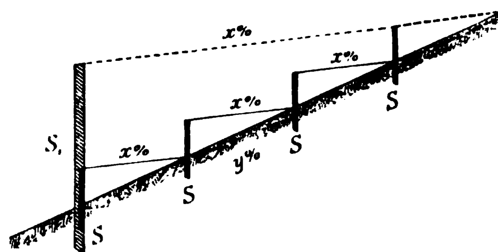


Fig. 12.

diesbezüglich als allgemeine Regel, die Objektshöhe möglichst gering zu halten und die Errichtung einer größeren Zahl niederer Objekte vorzuziehen. Ganz abgesehen von jenen Nachtheilen rein technischer Natur, welche sich an den Bau hoher Objekte knüpfen, als da sind: hohe Bau- und Erhaltungskosten, Schwierigkeit der Ausführung u. dgl. m., so ist, was die Gesammtheit solcher Werke und was ihre Wirkung anbelangt, zunächst gewiss, dass, wie dies

aus Fig. 12 hervorgeht, die Masse des Geschiebes, welches durch ein oder mehrere größere Werke zurückgehalten wird, allerdings größer ist als jene, welche bergseits der, nur in einer Lage gedachten kleinen Objekte, auf gleich langer Strecke gemeint, zurückbleibt. Dagegen ist das Volumen des großen Objektes größer, als das Volumen der kleinen Objekte insgesammt, denn es ist nicht nur die Stärke der letzteren, sondern auch in der Regel ihre Spannweite nicht unwesentlich geringer. Es könnte allerdings, nicht zum Vortheile der niederen Objekte, eingewendet werden, dass das ihnen entsprechende Ausgleichsprofil unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen geringer anzunehmen ist, als bei höheren, weil bei diesen letzteren, in der Regel berechtigter Weise, mit einer größeren Verbreiterung des Bachrinnsales, somit mit einer größeren Geschwindigkeitsabnahme, gerechnet werden kann, wodurch in dieser Richtung die Wirkung eines höheren Objektes als eigentlich größer als jene mehrerer kleinerer von insgesammt gleicher Höhe anzunehmen wäre. Das ist unzweifelhaft richtig. Allein ebenso sicher ist, dass die Bewegung des Wassers bei Absturz über eine Reihe derartiger Bauten mehr verzögert wird, als bei dem Absturz über ein einzelnes, eine Wirkung, die nicht hoch genug geschätzt werden kann. Es vermindert sich diese Wirkung allerdings wieder mit der Abnahme der Objektshöhe bei gleichzeitiger Zunahme des Wasserstandes, so dass sie bei sehr nieder gehaltenen Grundschwellen, die hoch von den Wellen überflutet werden, kaum in Betracht zu ziehen ist.

Bei Berücksichtigung aller Verhältnisse aber und auch des Umstandes, dass die Zerstörung eines niederen Objektes in der Reihe solcher, den Bestand der ganzen Anlage nicht so sehr und so rasch bedroht, ist die Wahl niederer Objekte zweifelsohne vorzuziehen.

Ein weiterer Grundsatz lässt sich betreffs der Art der Projektirung und der Reihenfolge der Ausführung feststellen. Nachdem es bei der Errichtung von Querwerken außerordentlich wichtig ist, wo nur halbwegs thunlich, für das Fundament eine gesicherte Grundlage, womöglich Fels zu finden, so werden von vornherein jene Stellen als Baustellen zu wählen sein, welche innerhalb der zu verbauenden Gesammtstrecke *A B*, Fig. 13, felsige Rippen an der Sohlenoberfläche oder unter derselben, z. B. in den Punkten *a* und *b* aufweisen. Von diesen Punkten ist bei der Projektirung unter Annahme der Objektshöhe, die sich auch nach der Be-

schaffenheit des Querprofiles zu richten hat, auszugehen, und nach Einzeichnen der Verlandungslinie unter *x* Proc., die Baustelle *c* bezw. *d* für die weiteren Objekte zu ermitteln. Auf diese Weise wird sich die Oertlichkeit für jedes andere Querwerk der betrachteten Strecke finden lassen. Es ist selbstredend, dass das unterste Objekt in *A* einer so gedachten Reihe, als die Stütze des ganzen Systems, auf festen, gewachsenen Fels gesetzt, oder wenn das nicht möglich sein sollte, selbst wieder auf andere Art versichert und gestützt sein muss. Tritt auf der Strecke *A B* eine Gabelung ein, so können sich a priori wieder unausweichliche Baustellen in *a*, *b*, *c*, Fig. 14, ergeben.

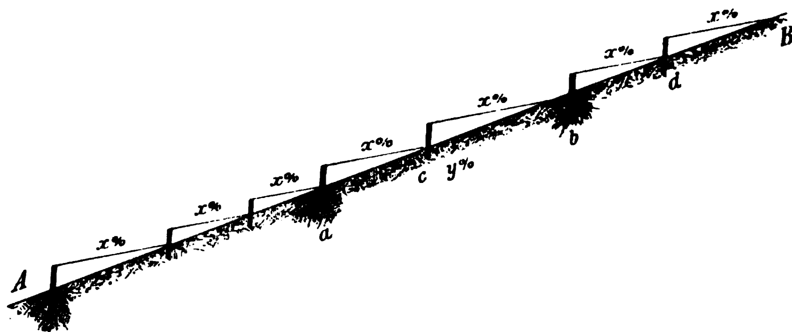


Fig. 13.

Bei der Ausführung gilt der Grundsatz, jene Objekte zuerst zu errichten, welche den andern als Stütze zu dienen haben. Es hätte also der Bau bei den untersten Objekten zu beginnen und wäre nach aufwärts fortzusetzen. Sind innerhalb der zu verbauenden Strecke einzelne Objekte gut fundierbar, wie das in Fig. 13 bei *a* und *b* gemeint war, so können zunächst alle diese der Reihe nach, oder bei genügender Arbeiterzahl auch gleichzeitig errichtet und sodann die Zwischenstrecken von unten nach oben ausgebaut werden.

Handelt es sich um die Bekämpfung der Erosionserscheinung in einem ausgehnten Wildbachgebiete, so ist der ganz allgemein geltende Grundsatz gerechtfertigt, das Uebel an der Wurzel zu fassen, d. h. in erster Linie die obersten Partien der Verbauung zuzuführen. Auf diese Weise wird der Abfluss der Wässer und des Geschiebes von oben her geregelt, die Störungen in den unteren Theilen werden geringer und, was nicht zu unterschätzen ist, die

Wirkung der oberen Verbauung auf die unteren Strecken beurtheilbarer, daher der Vorgang unter allen Umständen ein mehr ökonomischer. Allein es darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass mitunter wertvolles Kulturland, Wohnstätten, Communicationen u. s. w. in den unteren Bachtheilen, auf dem Schuttkegel oder in der Nähe desselben, nicht genug rasch geschützt werden müssen und dass es daher nötig fallen kann, die Verbauung der untersten oder doch der unteren Bachtheile zuerst in Angriff zu nehmen, wenn nicht etwa auf andere Weise, so durch Errichtung einer größeren Thalsperre, die größte Gefahr beseitigt werden kann.

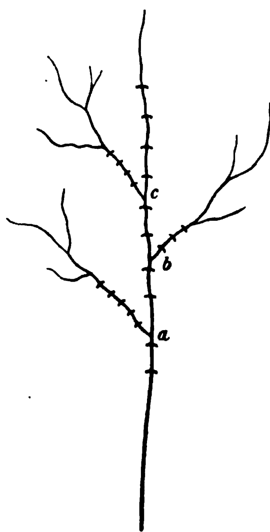


Fig. 14.

Da sich in den meisten Wildbächen Strecken finden, die der Sohlenerosion nicht unterworfen sind, und daher für die in Rede stehende Verbauungsart nicht in Betracht kommen, so erscheint das Niederschlagsgebiet mit allen seinen Verzweigungen in der Regel in einzelne verbauungsbedürftige Strecken getheilt, deren Verbauung je nach ihrer Wichtigkeit in Angriff zu nehmen sein wird. Hiebei ist dann wo möglich der Grundsatz aufrecht zu halten, die oberen Partien zuerst, jede für sich aber von unten nach oben, bei allenfalls thunlicher Scheidung nach Fig. 13 zu verbauen. Steht die Verbauung von Seitenzuflüssen mit jener des Recipienten im Zusammenhange, so ist darauf Rücksicht zu nehmen, dass ein Objekt des letzteren, Fig. 14 *a*, *b* und *c*, als Stütze für die in den ersteren zu errichtenden Objekte dienen kann.

Wenn es sich um die Ermittelung der Anzahl gleich hoher Querwerke handelt, welche eine gewisse Bachstrecke unter einem bestimmten Ausgleichsprofile zu sichern haben, so ist lediglich, wie dies aus Figur 15 hervorgeht, die Differenz der Ordinaten des ursprünglichen Gefälles und des Ausgleichsprofiles durch die angenommene Objektshöhe zu dividieren.

Wäre die Bachstrecke 100 m lang und unter 25 Proc. geneigt, so wäre die Gefällsordinate 25 m. Bei Annahme des Ausgleichsprofiles mit 10 Proc. und seiner, auf die gleiche Bachlänge be-

zogenen Ordinate von 10 m, ergäbe sich eine Ordinatendifferenz von 15 m. Es wären daher vier, 3,75 m hohe Querwerke zu errichten.

Unter Voraussetzung der Durchführung einer solchen Verbauung und Annahme einer weiter reichenden im Thalinneren,

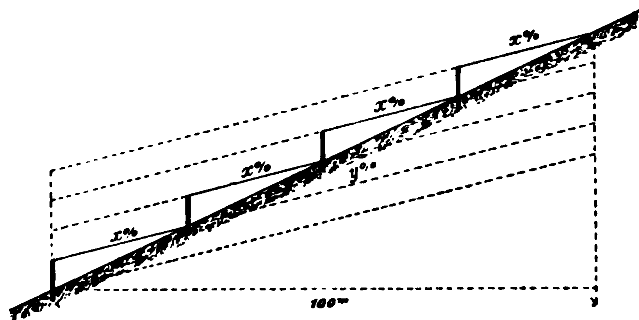


Fig. 15.

wird die Geschiebeführung abnehmen, das Ausgleichsprofil ein geringeres werden, und es wird, wie gleichfalls schon an anderer Stelle hervorgehoben wurde, die Notwendigkeit eintreten, auf die errichteten ersten Werke, die Werke 1. Ordnung, bezw. auf deren

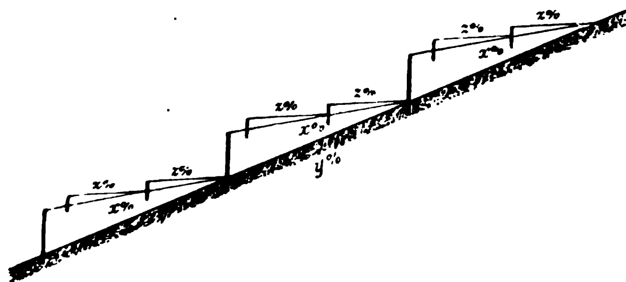


Fig. 16.

Verlandung, Werke 2. Ordnung zu setzen, wie das aus Abbildung Nr. 23 und Fig. 16 zu ersehen ist. Hiebei ist es ratsam, insolange überhaupt mit einer Materialführung, also Möglichkeit weiterer Verlandung zu rechnen ist, die Linie des nächst geringeren Ausgleichsgefälles, entgegen des in Fig. 17, Seite 108, ersichtlichen, von Thiéry vorgeschlagenen Verlaufes, nicht in der schon erzielten Verlandung einzuschneiden, sondern nach Fig. 16 aus-



Abbildung Nr. 23. Verbauungen im Wildbache „La Valette" bei Barcelonette; Basses-Alpes.
Aus: „Forstliche Reiseskizzen aus dem mittäglichen Frankreich"; von F. Fankhauser.

zugestalten. Uebrigens ist das lediglich Sache der Projektierung, denn die thatsächliche Ausbildung der künftigen Gefällslinie lässt sich mit Sicherheit nicht ermessen. Man könnte, wie Thiéry richtig bemerkt, das gleiche Resultat auf einmal erzielen, würde die Sperre AC, Fig. 17, um das Stück CC' erhöht werden. Das könnte jedoch mit einer Verminderung der Festigkeit des Baues verbunden sein. Besser in dieser Richtung wäre die Herstellung einer zweiten Sperre $C_1 C_1{}'$ auf der Verlandung von AC. Im allgemeinen ist jedoch der Vorgang nach Fig. 16 vorzuziehen.

Für die Herstellung der Werke 2. oder höherer Ordnung gelten die gleichen allgemeinen Grundsätze, nur ist es erklärlich, dass die Höhe und mit ihr die Dimensionierung der in der Regel

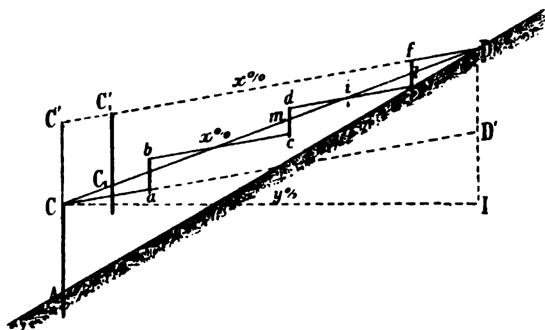


Fig. 17.

auch aus schwächerem Materiale gebildeten Objekte abnehmen werden. Sind, um ein Beispiel zu geben, die Werke 1. Ordnung, allenfalls Thalsperren, aus Stein errichtet, so können jene 2. Ordnung, gewöhnlich schon Grundschwellen, in Holzkonstruktion aufgeführt werden und jene höherer Ordnung aus niederen Flecht- und Faschinenwerken bestehen.

In einzelnen Wildbächen Frankreichs wurde und wird die Verlandung der Werke letzter Ordnung bepflanzt und auf diese Weise die Bachsohle vollkommen ausgebuscht. Ein solches Vorgehen, welches den Bestand der Sohle allerdings außerordentlich sichert, kann sich aber nur dort empfehlen, wo die Verhinderung des freien Abflusses einer größeren Wassermenge nicht schädlich wirken könnte.

Thiéry hat die Anlage der Werke 1. Ordnung als die Periode der großen Sperren, jene der Werke der höheren Ordnung als

die Periode der Grundschwellen bezeichnet, wobei er nur die Verbauung der Hauptschlucht des Wildbaches im Auge hatte.

Allgemein zutreffend ist diese Bezeichnung nicht, denn selbst in der Hauptschlucht eines noch so ausgedehnten und vielleicht noch so gefürchteten Wildbaches wird nicht immer der Bau von förmlichen Thalsperren als Werke 1. Ordnung in Betracht gezogen werden können, weil vielleicht die Schwierigkeit ausreichender Fundierung, die große Verbreiterung der Querprofile, die Notwendigkeit der Wahl eines bestimmten, minderwertigen Baumateriales einen solchen Bau nicht ratsam erscheinen lassen. Es wird dann von vornherein zum Grundschwellenbau, vielleicht selbst in ganz einfacher Form, geschritten werden müssen.

In Verfolgung des besprochenen Verbauungssystemes kann unter der Voraussetzung, dass durch ausreichende anderweitige Verbauungen im Thalinneren, die Materialführung bis auf feine Erdpartikelchen gänzlich behoben wird und das Wasser seine volle Schleppkraft erhält, die Entwickelung des Gleichgewichtsprofiles gedacht werden. In welchem Verhältnisse die beiden Profile, das Ausgleichs- und das Gleichgewichtsprofil bezw. ihre Ordinaten zu einander stehen können, ist viel zu sehr von den einflussnehmenden örtlichen Faktoren, die ja die Größe des ersteren sehr veränderlich machen, abhängig. Immerhin kann die Ordinate des ersteren das 10 und mehrfache jener des letzteren betragen.

In nicht seltenen Fällen und zwar bei unvermeidlich großer, durch lange Zeit hindurch zu erwartender Materialführung aus dem Thalinneren, vielmehr noch bei zu erwartendem Einsturz steiler hoher Böschungen, oder Notwendigkeit des künstlichen Abböschens derselben, ist die Verschüttung der im Sinne des Vorstehenden ausgeführten Werke 1. Ordnung zuversichtlich zu erwarten. Soll in solchen Fällen die Materialführung aus dem Thalinneren weiter vermindert oder soll das tief eingeschnittene Rinnsal behufs Ermöglichung eines entsprechenden Böschungsausgleiches gehoben werden, so ist es geboten, auf die unterste Objektreihe eine zweite u. s. w. zu setzen. In Fig. 18 ist ein tief eingeschnittenes Rinnsal im Pfannhorngebiete bei Toblach in Tirol zu sehen, welches durch den Einbau einer Lage von Grundschwellen in unzureichender Weise gehoben wurde.

Die in solchen Fällen notwendige Verbauung ist im kleinen Maßstabe durch das sogenannte System nach „Jenny“ repräsentiert. Dieses vom Schweizer „Tagwenvoigt“ Jenny, zuerst im Jahre

1838, und zwar in der Niederurner Runse angewendete System besteht darin, die Runsensohle oder die tief eingeschnittene Sohle eines Wildbaches soweit zu heben, bis sich die beiderseitigen Hänge natürlich abzuböschen im Stande sind. Die Ortschaft Niederurnen in der Nähe des Wallenstädter Sees, der Ausmündung des Linthkanals aus diesem See etwa gegenüber gelegen, ist auf dem Schuttkegel des Niederurner Wildbaches erbaut, welcher seine Hauptschlucht und deren Seitenzuzüge bis auf etwa 25 m vertiefte. Jenny hat die Sohlenhebung in der Weise erzielt, dass in Ermangelung von geeignetem Steinmateriale

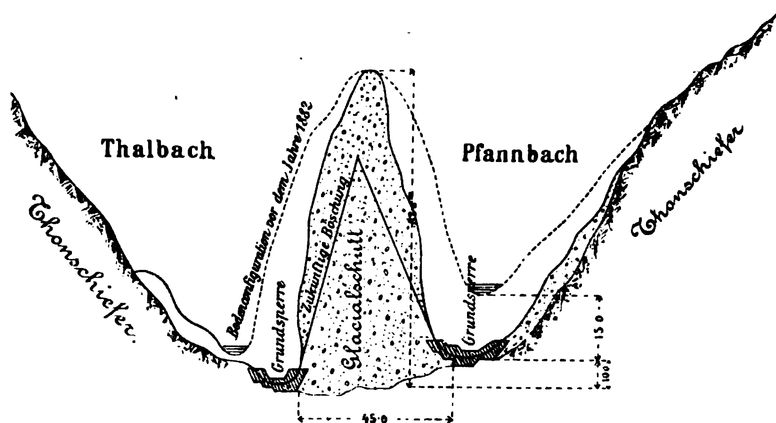


Fig. 18.

gewöhnliche Flechtzäune, von unten nach aufwärts fortschreitend, in Abständen von etwa 3—4 m errichtet wurden. Zu diesem Zwecke wurden 1,5—2 m lange Pflöcke in Entfernungen von 0,5—0,7 m bis auf wenigstens ²/₃ ihrer Länge in den Boden eingetrieben und sodann mit Weiden oder Erlen verflochten. Sind diese so gebildeten Flechtzäune verschüttet worden, so erfolgte der Bau neuer Flechtwerke und in gleicher Weise der Bau einer 3., 4. bis 8. Lage, bis die gewünschte Erhöhung der Sohle um etwa 8 m eingetreten war. Auf diese Weise hat Jenny Sohlenerhebungen bis zu 15 m Höhe erzielt.

Die Flechtzäune standen in horizontalen Kurven, deren Scheitel nur etwas vertieft war. Jenny hat sodann auf diese gehobene Bachsohle eine durch steinerne Grundschwellen gestützte kreissegmentförmige Steinschale von 3—7 m Breite gesetzt, an welche

sich flügelartig Flechtzäune derartig anschlossen, dass austretendes Geschiebe wieder in die Schale zurücktreten konnte.[181])

Eine ähnliche, auch für Runsen des Berg- und Hügellandes gut verwendbare Verbauungsmethode ist die im Runsengebiete von Rakonitz in Böhmen geübte.

Im nördlichen böhmischen Terrassenlande, in der Nähe des Ortes Tlesko, entspringt in einer Seehöhe von ca. 515 m der Rakonitzer Bach. Die zwei Ursprungsarme desselben vereinigen sich nach ganz kurzem Laufe zu einem Gerinne, welches nach mehrfachen Richtungsveränderungen und nach Passierung des engen Thalweges zwischen Rakonitz und Pürglitz in den Beraunfluss einmündet.

Außer einigen größeren Zuzügen münden in den Rakonitzer Bach, dessen Niederschlagsgebiet ca. 365 km^2 beträgt, noch 321 mehr oder minder lange und tief eingeschnittene Runsen in einer Längenausdehnung von zusammen 238,6 km. Das Rotliegende, als die vorherrschende Gesteinsformation des Gebietes, besteht vorwiegend aus feinkörnigen und thonigen, leicht verwitterbaren, rot gefärbten Sandsteinen, Conglomeraten und Schieferthonen. Die in diesem weichen Materiale eingebetteten und zumeist weit verzweigten Runsen haben nahezu senkrechte Wände, welche wieder eine große Menge nasenartig in das Runseninnere hineinragende Erdvorsprünge enthalten und in Folge dessen zahlreiche, mehr ode weniger ausgewaschene Rinnen bilden, die dem Ganzen ein höchst pittoreskes Aussehen verleihen. Die Abbildung Nr. 24 stellt eine derartige, tief in das Rotliegende eingerissene Runse mit stets beweglicher Sohle und zahlreichen, bei jedem Niederschlage sich immer mehr ausbreitenden Seitenrunsen dar.

In den bei trockener Witterung stets auch wasserfreien Runsen werden bei jedem heftigen Regenwetter sowie zur Zeit der Schneeschmelze zunächst die zahlreichen, kleineren Rinnen der Seitenlehnen, dann aber die Hauptrinne selbst aufgewühlt und das lose Material nach abwärts befördert. Bei oberflächlicher Besichtigung der trockenen Einfurchungen ist es nicht gleich begreiflich, dass das ganze, zunächst der Ausmündung der Runsen gelagerte Sand- und Schottermaterial zumeist den zahlreichen kleinen Rinnen der Runsenlehnen entstammt. Dagegen kann bei anhaltendem Regen-

---

181) „Verbauung der Wildbäche"; von K. Pestalozzi. Handbuch der Ingenieurwissenschaften. III. Band, Der Wasserbau. Leipzig 1882.

wetter die Wirkung der kleinsten Wasserader und die wühlende Kraft des Wassers genau beobachtet werden. Anfänglich zwar nur klares Wasser, jedoch bald rötlich gefärbte, kolkende Fluten führend, vergrößert sich die Runse immer mehr und mehr; ganze Lehnenstücke, deren Fuß unterwaschen wird, gleiten und stürzen in die Gerinne und stauen zeitweilig den Lauf, bis das ganze



Abbildung Nr. 24. Runsenbildung bei Rakonitz, Böhmen.
Nach einer photographischen Aufnahme aus dem phot. Atelier Ernst Benda in Prag.

Hindernis durch die erhöhte Gewalt des Wassers durchbrochen und fortgerissen wird. Das Wasser erweicht, schwemmt und flutet hier zunächst den Thon aus seinen Verbindungen mit den übrigen Felsbestandtheilen, so dass diese, ihres Bindemittels beraubt, in ein Haufwerk von losem Gerölle und Sand zerfallen, welches der bewegenden Kraft des Wassers keinen Widerstand entgegenzusetzen vermag.

Als die hauptsächlichste Ursache dieser nachtheiligen Wirkungen des fließenden Wassers muss die über Winter sich äus-

sernde, zersetzende mechanische Wirkung des in die Steinschichten dringenden und dort gefrierenden Wassers angesehen werden.

Die sich immer ungünstiger gestaltenden Abflussverhältnisse, die erhöhte Materialführung und die immer mehr an Umfang zunehmenden Schädigungen der wertvollen Grundstücke in der Thalsohle ließen die Durchführung entsprechender Verbauungsmaßnahmen dringlichst notwendig erscheinen.[182])



Abbildung Nr. 25. Runse bei Rakonitz, Böhmen. 1. Baujahr.
Nach einer photographischen Aufnahme aus dem phot. Atelier Ernst Benda in Prag.

Die durch Forsttechniker im Jahre 1891 in Angriff genommenen Verbauungsarbeiten verfolgen den Zweck, die Sohlen der Runsen sammt Zuzügen gegen Tieferwühlung zu sichern, die Seitenlehnen zu befestigen, demzufolge auch Materialerzeugung in den Aufnahmsgebieten zu verhindern und durch umfangreiche Aufforstungs- und Berasungsarbeiten auf einen langsamen Abfluss der Niederschläge hinzuwirken.

182) „Das Runsengebiet von Rakonitz in Böhmen." Oesterreichische Forst- und Jagdzeitung Nr. 26 vom Jahre 1896.

Behufs Sicherung der Runsensohlen und Beruhigung der Lehnen werden die ersteren nach vorhergegangenem notwendigsten Ausgleich der Böschungen im 1. Baujahre in der Regel mittelst lebender Querflechtwerke in mehreren Lagen abgestaffelt, wie es zunächst in Abbildung Nr. 25 ersichtlich erscheint. In selteneren Fällen kommen gemauerte Querbauten in Anwendung.



Abbildung Nr. 26. Runse bei Rakonitz, Böhmen. 2. Baujahr.
Nach einer photographischen Aufnahme aus dem phot. Atelier Ernst Benda in Prag.

Hand in Hand mit der Versicherung der Runsensohlen durch Querbauten geht die Beruhigung und Befestigung der abgeböschten Seitenlehnen durch Verflechtung oder durch Berasung (Belegung mit Rasenplaggen oder Aussaat verschiedener Grassamen) und schließlich durch Aufforstung. Die obersten Theile der Runsen, die Runseneinhänge, werden in der Regel mittelst Rasenplaggen schalenförmig versichert.

Während die Abbildung Nr. 26 den Runsenzustand im 2. Baujahre veranschaulicht, stellen die Abbildungen Nr. 27 und Nr. 28

die in der Regel im 3. und 4. Baujahre eintretende, vollkommene Beruhigung der Runsen dar.

Verwandt, doch mit Rücksicht auf das angewendete Baumittel verschieden, ist die Verbauung des Riedbaches bei Ried im Zillerthale in Tirol.

Der zum Flussgebiete des Ziller gehörige Riedbach überragt

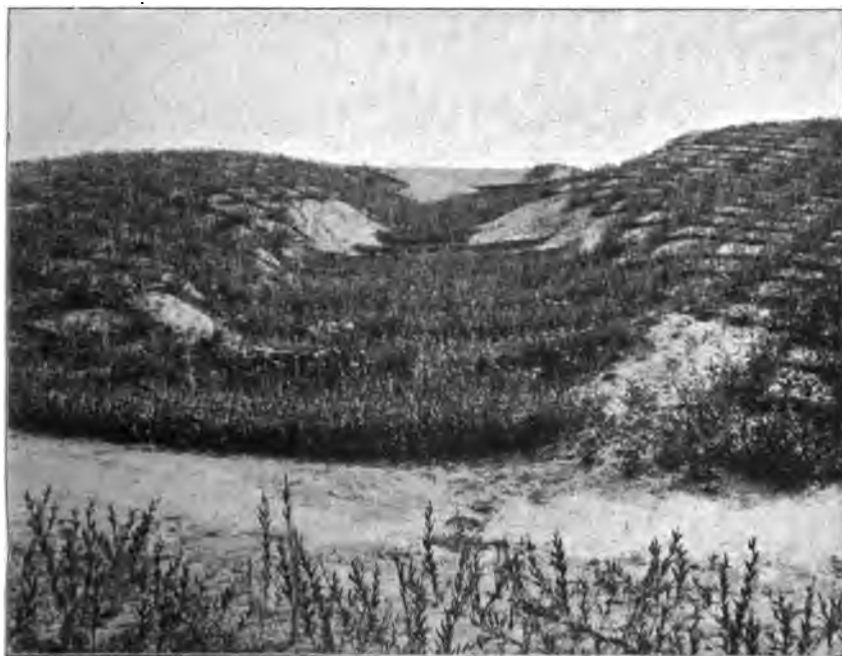


Abbildung Nr. 27. Runse bei Rakonitz, Böhmen. 3. Baujahr.
Nach einer photographischen Aufnahme aus dem phot. Atelier Ernst Benda in Prag.

vermöge seines ausgedehnten Niederschlagsgebietes und der starken Wasserführung viele Wildbäche Tirols an Mächtigkeit und ist vermöge der äußerst ungünstigen geologischen Beschaffenheit des Gebietes, sowie der vielen und großen dort vorkommenden Anbrüche in seinem verheerenden Auftreten außerordentlich schädlich. Die Gehänge des Hauptbaches sind auf der circa 8 km langen Strecke, von der sogenannten Bodenanger-Alpe beginnend und bis zur Ausmündung des Wildbaches in das Hauptthal reichend, mehr oder weniger angebrochen.

Auf den Anbrüchen tritt das Grundgestein, der leicht verwitterbare Talkschiefer und der nicht weniger der Verwitterung unterliegende Thonschiefer häufig zutage.

Festere, widerstandsfähige Felsbänder, die dem durchzuführenden Verbauungswerke als Stütze dienen könnten, sind nicht vorhanden. Auch finden sich mit Ausnahme von einzelnen Find-



Abbildung Nr. 28. Runse bei Rakonitz, Böhmen. 4. Baujahr.
Nach einer photographischen Aufnahme aus dem phot. Atelier Ernst Benda in Prag.

lingen aus Gneis, keine brauchbaren Bausteine weder im angebrochenen Theile des Hauptgrabens, noch in der Nähe der verbauungsbedürftigen Anbrüche in den Seitengräben vor. Aus diesem Grunde wurde bei der Verbauung des Riedbaches, welche das tirolische Landesbauamt leitete, zu Holz gegriffen. Nachdem entsprechend starkes Gehölz für die Verbauung der untern Grabenstrecke aus den angrenzenden Waldungen schwer zu beschaffen war, wurde zur Verbauung mit kleineren hölzernen Grundschwellen, den Prügelsperren oder auch „Isserische Sper-

ren" genannt,[183]) Abbildung Nr. 29 u. 30, geschritten. Naturgemäß konnte in den wenigsten Fällen mit einer Lage dieser niederen Objekte das Auslangen gefunden, vielmehr mussten, um die wünschenswerte Hebung der Sohle zu erzielen, zwei und mehrere Lagen solcher Werke errichtet werden. Diese Art der Verbauung, welche sich übrigens auch unter entsprechenden Verhältnissen in anderen Fällen bewährt hat, wird übrigens von der



Abbildung Nr. 29. Die Verbauung des Riedbaches; Zillerthal, Tirol.
Nach einer photographischen Aufnahme des Tiroler Landesbauamtes.

Tiroler Landesbaubehörde zu sehr zur allgemeinen Anwendung empfohlen. Sie kann sich unter den Verhältnissen des Hochgebirges immerhin dort empfehlen, wo es für solidere Bauherstellungen an dem geeigneten Baumateriale fehlt und wo bei Vorhandensein fruchtbaren Bodens, ein rasches Begrünen und sonach Beruhigen der Gehänge zu erwarten steht. Unter mehr harmloseren Verhältnissen, wie sie den Bächen des Berg- und Hügellandes oft

183) „Die Wildbach-Verbauungsarbeiten im Hochpusterthale" von Ingenieur v. Isser. Oesterreichische Vierteljahresschrift für Forstwesen. IV. Heft. 1886.

eigen sind, kann ihre Anwendung eine allgemeinere sein. Uebrigens wurde die Verbauung des Riedbaches von gewisser Seite[26, 184]) ganz ungerechtfertigter Weise als ein Beweis für das Unvermögen der Forsttechniker, Verbauungen auszuführen, hinzustellen gesucht.

Auf dem Grundsatze, durch fortgesetzten Einbau von Querwerken die Sohle zu heben und so den Böschungsausgleich herbei-



Abbildung Nr. 30. Die Verbauung des Riedbaches; Zillerthal, Tirol.
Nach einer photographischen Aufnahme des Tiroler Landesbauamtes.

zuführen, beruht auch die im Zuge befindliche, durch Forsttechniker bewerkstelligte Verbauung des Seite 56, 1. Theil, Abbildung Nr. 16 besprochenen Bruchgebietes der „Scesa" bei Bludenz in Vorarlberg.

Die dort herrschenden, gewaltigen Verhältnisse erheischen jedoch das Einbauen größerer Werke, wie solche der Abbildung Nr. 31 zu entnehmen sind.

184) Oesterreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst. Heft 10. 1901. Seite 232. Siehe auch Augsburger Abend-Zeitung vom 6. Februar 1902.

Ein interessantes und der vorerwähnten „Scesa“ ähnliches Objekt bieten die „Ruinen von Pellafol“ im Gebiet der Isère. Das Gebiet, in welchem sich zwei Wildbäche vertieft haben, und zwar die sogenannte „Ruine des Payas“ und jene „des Chanaux,“



Abbildung Nr. 31. Die Verbauung der „Scesa“ bei Bludenz, Vorarlberg.

setzt sich aus Alluvium, glacialem Thon, Sand und Schotter zusammen.

Bei Betrachtung des vertikalen Schnittes der Terrasse von Pellafol bemerkt man, dass sich über älterem Alluvium zahlreiche glaciale Ablagerungen findѐn, welche von wasserundurchlässigen, fast horizontal verlaufenden Thonschichten durchsetzt sind. Auf

diesen Thonschichten findet sich jederzeit eine Wasserfläche, welche den Boden durchtränkt und langsam zur Senkung bringt, so dass sich in demselben vertikale Risse bilden müssen. Man hat es also hier einerseits mit der langsamen Senkung des Terrains,



Abbildung Nr. 32. Die Ruinen von Pellafol.
Nach einer photographischen Aufnahme von Rudolf Fischer.

der Bildung von Klüften, anderseits auch mit der Wirkung der Sohlenerosion am Grunde der sich so bildenden Rinnen zu thun. Die in Anwendung kommenden Mittel müssen sonach nicht allein auf die Verhinderung der Sohlenerosion, zu welchem Zwecke Thalsperren errichtet werden, sondern auch auf die thunlichste

Ableitung der eindringenden Wässer hinzielen. Aus Abbildung Nr. 32 ist das stark zerfurchte Gebiet der Ruinen von Pellafol zu sehen.[185])

Wenn auch im allgemeinen auf gleichen Grundsätzen beruhend, so doch mitunter eigenartig, kann die Verbauung der zumeist steilen, vielfach trockenen Runsen der obersten Einhänge der Wildbäche sein. Es sind das solche Rinnsale, welche



Abbildung Nr. 33. Périmètre de St. Pons; Basses-Alpes.
Aus: „Reboisement et Gozonnement des montagnes"; von Eugène de Gayfder.

von Schindler als „zur Existenz nicht berechtigt" als völlig „abusiv" bezeichnet wurden. Wenn es auch nicht immer gelingt, sie im Sinne des genannten Autors durch Ausfüllung vollständig verschwinden zu machen, so kann doch ihrer weiteren Entwickelung zumeist nicht unschwer gesteuert und jeder durch sie drohenden Gefahr vorgebeugt werden. Bei dem System der Staffelung verbleibend, kann diese in solchen Fällen auf eine den vorbeschriebenen ähnliche Weise erfolgen, wobei naturgemäß die einzelnen Objekte

185) „Correction des Ruines de Pellafol" (Isère); von M. C. Bernard. Paris 1900.

ihrer Bauart nach schwächer gehalten werden können. Gerne werden zu diesem Zwecke Faschinen und wohl auch Flechtwerke bei Benutzung von leicht wurzelfassenden und sich rasch begrünenden Holzarten verwendet, ist es doch gerade bei diesen Rinnsalen angezeigt und geboten, sie möglichst schnell zu begrünen. Derartige Verbauungen mit Flecht- und Faschinenwerken sind den Abbildungen Nr. 33 und 34 zu entnehmen.



Abbildung Nr. 34. Périmètrie de Curusquet; Basses-Alpes.
Aus: „Reboisement et Gozonnement des montagnes“; von Eugène de Gayffier.

Um die Bekleidung nackter, von Runsen durchschnittener Bacheinhänge zu beschleunigen, wird in Frankreich ein unter dem Namen „Garnissage“, bekanntes Hilfsmittel in Anwendung gebracht. Die Durchführung erfolgt derart, dass die Sohle der einzelnen Runsen mit einer etwa 1 m hohen, ununterbrochenen Schichte von Aesten oder schwachem Durchforstungsholze bekleidet wird. Am untern Runsenende beginnend, wird dieses Material mit dem stärksten Ende in den Boden gesteckt, bachaufwärts niedergelegt und durch querüber gelegtes, mit Pfählen befestigtes



Abbildung Nr. 35. Runsenverbauung in der „Combe de Villevieille“ bei Barcelonette; Basses-Alpes.

Aus: „Forstliche Reiseskizzen aus dem mittäglichen Frankreich“; von F. Fankhauser.

Gehölz, wohl auch nur durch Beschweren mit Steinen, festgehalten. In solcher Weise wird bachaufwärts fortgefahren und allenfalls von Zeit zu Zeit die Garnissage durch eine kleine Sperre aus Trockenmauerwerk oder aus Holz unterbrochen. Zu solchen Anlagen eignen sich Stämmchen von Kiefernjungwüchsen ganz besonders, weil sie die Nadeln nicht so schnell fallen lassen und daher ein besonderes dichtes Gefüge bilden; doch lassen sich auch Erlen oder andere Holzarten verwenden. Durch die Verschlemmung dieses Gefüges bildet sich bald kulturfähiger Boden und ein vorzügliches Keimbett für aufliegenden Samen. Künstlich kann man durch Gras- oder Esparsetteaussaat und durch Pflanzung von Weidenstecklingen nachhelfen. Die sich zwischen den einzelnen, so verwachsenden Runsen erhebenden nackten Terrainrücken verwittern allmählich und füllen mit ihrem Abtrag die Vertiefungen aus, ohne dort der Vegetation zu schaden. Im Gegentheile, die letztere breitet sich immer mehr und mehr aus und verdrängt nach und nach jede kahle Stelle des Hanges.

In Abbildung Nr. 35 ist eine, in der „Combe de Villevieille“ bei Barcelonette ausgeführte Garnissage veranschaulicht. Abbildung Nr. 36 zeigt das Detail einer solchen Anlage. Auf ähnliche Weise wird die Verbauung kahler Rutschflächen, welche nicht von Runsen durchfurcht sind, nach Sicherung ihres Fußes durch Einbau von Thalsperren und Schwellen durchgeführt und mit ihr erst dann bebegonnen, wenn die Neigung der Oberfläche ein dem natürlichen Böschungswinkel sich näherndes Maß angenommen hat.

Müller [157]) empfiehlt behufs Verbauung von Runsen die Einlage von Faschinen der Länge des Rinnsales nach und die Befestigung dieser mittelst Pfählen. Das Wasser wird die Faschinen durchrieseln und dadurch seine Geschwindigkeit derart verringern, dass es die Sohle der Runse nicht mehr anzugreifen vermag. Es wird übrigens auf derlei kleine Runsenverbaue bei Besprechung der kulturellen Maßnahmen noch zurückgekommen werden.

In seiner Art eigentümlich ist das bereits an anderer Stelle besprochene System nach Schindler [19]), auf dessen Bauweise hier kurz zurückgekommen werden soll. Von Wichtigkeit erachtet Schindler zunächst die genaueste Ausfüllung und Vernichtung aller jener kleiner und kleinster Ausrisse im Gebiete der Erosion, die sich als Miniatur-Runsen bis in die noch gesunden Weiden und Wälder der Alpenregion fortsetzen und ebensoviele verderbliche Anfänge der eigentlichen Schluchtenbildung sind. Der-

artige Runsen, Ausrisse, Rinnen, sind einfach mit Materiale zu füllen und es wird bei geschickter Arbeit nicht unmöglich sein, an Stelle des concaven Querschnittes des Ausrisses eine convexe



Abbildung Nr. 36. Runsenverbauung im Riou-Bourdoux bei Barcelonette; Basses-Alpes.
Nach einer photographischen Aufnahme von Rudolf Fischer.

Bodenwölbung zu erzielen. Nach vollzogener Ausfüllung wird diese letztere durch, in angemessenen Entfernungen eingetriebene Pfahlreihen, Fig. 19, zu sichern sein. Steht zur Ausfüllung nicht hinreichend seitliches Material zur Verfügung, so werden die Pfahlbauten in näher angegebener Weise derart angelegt,

dass keine Abtreppelung des Rinnsales entsteht, sondern dieses vielmehr im Längenprofile die Gestalt einer Radlinie, Fig. 20, annimmt.

Nachdem auf solche Weise von oben her alle Schürfungen, Rinnen, Löcher und Rutschungen nivelliert und verbaut sind,

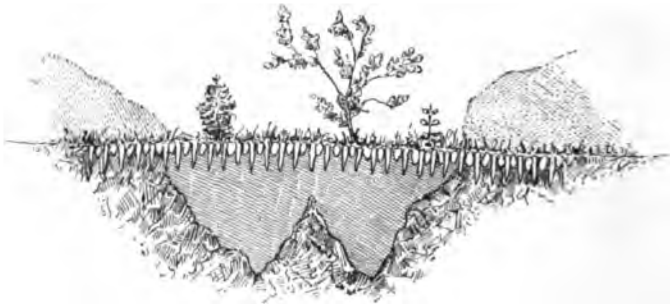


Fig. 19.

geht es an die tiefer gelegenen Austiefungen der schroffen Gehänge des Erosionsgebietes, in deren unterem Theile gewöhnlich eine lose Masse kegelförmig aufgespeicherten Gerölles liegt. Der Fuß dieser Kegel mündet in den eigentlichen Fluss oder einen Seitenarm desselben aus und erfährt dort eine beständige Abspülung.



Fig. 20.

Der Aufbau des Kegelfußes, dessen Abspülung die allmähliche Nachrutschung der ganzen Geröllmasse zur Folge hat, ist die Hauptaufgabe. Bei steiler Lage der Falllinie des Gehänges ist die Kegelbildung derart im Hauptstrome einzurichten, dass sie die Aufnahme alles in der Folge noch zu erwartenden Geschiebes zu vollziehen vermag, in welchem Falle dann auch die Sicherung des oberen Gerölles keinen Wert hat. Ist dagegen der Neigungswinkel des Gehänges so, dass eine Kegelbildung auch ohne einstweilige Fußbildung im Hauptstrome möglich ist, so wird

der natürliche und lose Schuttkegel in einen festen und bleibenden verwandelt. Es geschieht dies, ähnlich wie in Fig. 21 dargestellt, durch Einrammen von Pfählen in zwei, drei oder mehreren Reihen derart, dass die Schnittfläche der so fixierten Ablagerung eine schwache Bogenlinie von Ufer zu Ufer bildet und dass nichts als das Haupt der Pfähle sichtbar ist. Am oberen Ende des so gesicherten Kegels, der auch sofort mit

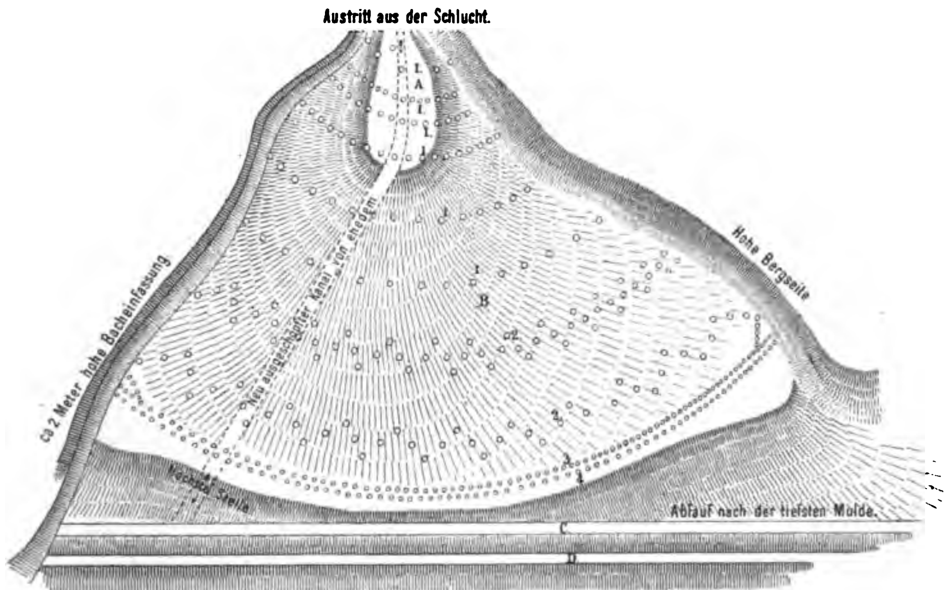


Fig. 21.

Vegetation versehen werden kann, sind mehrere Pfahlreihen um $^1/_3$ oder $^1/_2$ ihrer Länge über der Erde zu dem Zwecke vorstehen zu lassen, um auch das noch zu erwartende Erosionsmaterial besser festhalten zu können.

Es wird auf diese Art der Kegelsicherung noch zurückgekommen werden.

Nach Durchführung dieser Arbeiten wird, immer noch innerhalb des Erosionsgebietes, zur Verbauung des mannigfach beschaffenen Hauptrinnsales geschritten.

Diese Mannigfaltigkeit veranlasste Schindler, vornehmlich auch mit Rücksicht auf die von ihm empfohlene Verbauungs-

methode, verschiedene Wildbach-, bezw. Runsen-Hauptkategorien in der bereits an anderer Stelle angeführten Art zu unterscheiden.

Bei eigentlichen Wildbächen mit größerem und beständigem Wasser, ist eine fortlaufende Verbauung weder nötig noch möglich. Die Thalausweitungen sind als Ablagerungsstellen ins Auge zu fassen und wird dort die Pallisadierung, d. i. die vorbeschriebene Schuttkegelsicherung, eine leichte und erfolgreiche sein; in den Zwischenstrecken mag die Ableitung des Flusses in der concaven Rinne gestattet bleiben.

Erosionsstellen, welche sich an Biegungen besonders oft finden, erfordern eine Sohlenerhöhung des Baches, welche durch Einsetzen etlicher Reihen starker Pallisaden, mit Ausfüllung der Zwischenräume durch größere, den Kopf der Pallisaden überragende Blöcke vollzogen werden kann. Ist diese feste Grundlage gegeben, so kann durch senkrechte oder horizontale Verpfählung auch die Uferrutschung vollständig und leicht gesichert werden.

Als Reserveversicherung wird die Anlage eines Ablagerungsplatzes an der Ausmündung in das Thal empfohlen.

Bei kürzeren, steileren und durch Schlagwetter sich als Wildbach bemerklich machenden Wasserläufen, soll der Grundsatz der Wassertheilung, Convexität, in seiner ganzen Strenge durchgeführt werden.

Es besteht dieser Grundsatz in der Anbringung von Pallisadenwerken quer und durch die ganze Flusslinie, immer in der Absicht, dadurch eine lange Folge regelrechter Kegel herzustellen, von denen jeder ein selbstständiges Ganze zu bilden berufen ist. Es ist auf solche Weise nicht nur die Kraft des Flusses auf viele Punkte vertheilt, sondern sie ist überhaupt gebrochen, weil der weitaus größte Theil der Runse, welcher vorher selbst Gerölle abgab, nunmehr als Geröllsammler funktionieren kann.

Als dritte Runsenart wird diejenige bezeichnet, bei welcher es sich um einen steilen oder tiefen Einschnitt mit einzelnen, gewaltigen Blöcken, und nur zeitweiligem und breiartigem Untergrunde handelt. Eine Kegelbildung kann da nur an den weniger steilen Stellen versucht werden, dagegen ist es möglich, die vorhandenen Blöcke so zu verwenden, dass eine Verbreiterung und Befestigung der Sohle erzielt werden kann. Solche Blöcke sollten nicht mauerartig übereinander aufgetürmt werden, sondern mögen pflasterartig hintereinander zu liegen kommen.

Bei der vierten Runsentype, als deren Vertreter die „Nolla“ in der Schweiz mit der Charakteristik, unbedeutendes Gefälle, theilweise erheblich breite, unergründliche Geröll- und Schlammtiefe mit bedeutendem Bruchgebiete angegeben wird, sei es ge-



Abbildung Nr. 37. Sohlenstaffelung mit Hilfe von Verpfählung im Schmittenbache bei Zell am See, Salzburg.

rechtfertigt, das Thalsperrensystem, das sich hier nicht bewährte, durch das leicht ausführbare Pfahlsystem zu ersetzen.

Anschließend an das bereits an anderer Stelle über das System Schindler Gesagte, möchte erwähnt sein, dass vor allem die Art der Sohlensicherung in kleinen Rinnen, ja selbst in

größeren Bächen, wodurch das Längenprofil die Form einer Radlinie, Fig. 20, annimmt, mit Rücksicht auf die thunlichste Verhinderung der Kolkung als sehr zweckentsprechend zu bezeichnen ist. Auch die Verwendung des Pfahles ist der Bauökonomie und



Abbildung Nr. 38. Verpfählung eines Seitengrabens im Schmittenbache bei Zell am See, Salzburg.

dabei doch verhältnismäßig guten Festigkeit der ganzen Anlage wegen, unter Umständen zu empfehlen. Es steht diese Art der Verbauung, welche aus Abbildung Nr. 37 zu ersehen ist, in keinem unzertrennbaren Zusammenhange mit der von Schindler unter allen Umständen vorgeschlagenen Schaffung convexer Sohlenquerschnitte.

Auch das Ausspicken kleiner Runsensohlen mit Pfählen, Abbildung Nr. 38, ist zu empfehlen, weil das in unzählige Fäden zertheilte Wasser an Stoßkraft verliert, und vor bedeutender Erosion schützen kann.

Auch bei anderen Bauobjekten, worauf zurückgekommen wird, ist die Verpfählung, entsprechend angeordnet, gut zu verwenden, allgemein anwendbar ist sie nicht und kann es nicht sein.

Der Vollständigkeit halber kann nicht unerwähnt bleiben, dass die erfolgreiche Bekämpfung der Erosionswirkung im Gebiete der Erdpyramiden, der Unregelmäßigkeit der Erosionsrinnen, der schwierigen Zugänglichkeit des Gebietes, der Schwierigkeit der Beschaffung und des Transportes von Baumaterial, sowie des verhältnismäßig hohen Kostenpunktes wegen, selten in Betracht gezogen werden kann.

Auch ist zu berücksichtigen, dass derartige Erdpyramidenbildungen in größerem Umfange, zu Naturschönheiten zählen und Anziehungspunkte für Touristen bilden. Man wird sich in solchen Fällen damit begnügen müssen, wo nötig, der Thalfahrt dieses Erosionsproduktes durch Herstellung von Thalsperren und Grundschwellen an passenden Oertlichkeiten ein Ziel zu setzen.

Wenn es sich um die Verhinderung der Weiterentwickelung von kleinen Erosionsrinnen in kahlen Lehnen handelt, so kann auch die in Abbildung Nr. 39 ersichtliche einfache oder manche andere, ähnliche Bauweise angewendet werden.

Eine weitere Art jener Bauten, welche, oft im Vereine mit anderen Aufgaben, die Sohlenerosion zu verhindern haben, sind die Schalen oder „Cunetten“, Abbildung Nr. 6, Seite 34, und Abbildung Nr. 40. Dort, wo das Gefälle ein sehr beträchtliches ist, 50—80 Proc. und mehr beträgt, infolgedessen die Gefahr der Auskolkung der Querwerke stetig und im besonderen Maße vorhanden wäre, kann unter den bereits an anderer Stelle gemachten Voraussetzungen zur Ausschalung des Rinnsales, zur „Cunettierung“ geschritten werden. Von besonderen Fällen abgesehen, eignen sich daher derartige Bauten in erster Linie für die Verbauung der obersten steilen Verzweigungen der Wildbäche des Hochgebirges, doch sind sie auch unter mehr harmlosen Verhältnissen in den Bächen des Berg- und Hügellandes anwendbar.

Es geht übrigens aus dem Begriffe und der Größe des Ausgleichsprofiles, Seite 188, 1. Theil, hervor, dass dasselbe in den obersten Verzweigungen der Wildbäche, bei der in der Regel

verhältnismäßig noch geringen Wasserführung, an und für sich ein entsprechend großes sein wird, es daher dort oft einer besonderen Abstaffelung überhaupt nicht bedarf. Wenn aber trotzdem zu ihr geschritten wird, so ist zu bedenken, dass das Wasser,



Abbildung Nr. 39. Die Runsen von Bognanco bei Domodossola, Italien.
Nach einer photographischen Aufnahme von E. Trabucchi in Domodossola.

zusammengedrängt meist in sehr engen, oft dreieckförmigen Querprofilen zu fließen genötigt ist, daher die Gefahr der Auskolkung unter jedem Querwerke in erhöhtem Maße vorhanden sein wird. Sehr häufig ist auch das in unmittelbarer Nähe vorhandene Steinmaterial zur Herstellung von gepflasterten Schalen, und solche



Abbildung Nr. 40. Schalenbau im Hallstätter Mühlbache; Ober-Oesterreich.
Aus: „Geschichte der österr. Land- und Forstwirtschaft und ihrer Industrien, 1848—1898."

kommen zumeist zur Anwendung, benützbar, wohingegen es zum Baue von Querwerken, die die Verwendung eines besseren Materiales voraussetzen, nicht verwendbar sein kann, auch ist letzteres oft mit Schwierigkeit zur Stelle zu schaffen.

Auch das Holz steht nicht immer leicht zur Verfügung, und die Verwendung kleinerer Querwerke aus ausschlagfähigem Material kann der Oertlichkeit wegen ausgeschlossen sein.

Anders gestaltet sich die Sache, wenn bei hohen und steilen Einhängen die Querwerke nur die Aufgabe haben, die Erhöhung der Sohle herbeizuführen, wie dies an anderer Stelle beschrieben wurde. In diesem Falle sind sie, in den ersten Lagen wenigstens, zur Verschüttung bestimmt, daher der Gefahr der Auskolkung nicht ausgesetzt und können deshalb auch mit Zuhilfenahme von minder gutem Material, in der verschiedensten Weise hergestellt werden. Es wird vorerst dann die Sohlenerhöhung durch Querwerke erzielt und es kann schließlich, wie dies bei dem Systeme Jenny der Fall, eine gepflasterte Schale aufgesetzt werden.

Ohne der an anderer Stelle vorzunehmenden Besprechung der baulichen Grundsätze solcher Objekte vorzugreifen, soll doch betont sein, dass im Hochgebirge fast ausschließlich gepflasterte Schalen in Anwendung kommen. Unter harmlosen Verhältnissen können Schalen aus Brettern, Abbildung Nr. 41, oder aus Rasen, d. i. sog. Rasencunetten hergestellt werden. Die Abbildung Nr. 41 zeigt zugleich, in welcher Weise durch Einbau von Grundschwellen das Gefälle in der Schale herabgemindert wird.

Die Schalen aus Rasenplaggen können dort zweckdienlich sein, wo unter geringeren Gefällswerten und bei Führung von nur sehr feinem Geschiebe, der Bestand des Rasens nicht gefährdet erscheint. Das Vorhandensein des mit gewissen Schwierigkeiten zu transportierenden Rasens in der Nähe der Baustelle ist eine Voraussetzung dieser Bauweise.

In Runsen, die noch keine bedeutende Tiefe erlangt haben und wo die Gefahr der Abrutschung der Gehänge noch nicht zu fürchten ist, wo überdies nur Wasser und keine Murgänge zu erwarten sind, genügen auch schmale und seichte Kanäle, aus Brettern zusammengenagelt, wie sie nach Pestalozzi[181]) nicht selten in der Schweiz zur Herstellung gelangten.

Die Erosionsgefahr kann auch durch die Ableitung des Wassers von der gefährdeten Strecke beseitigt werden; vielleicht

ist es in einzelnen Fällen thunlich, dem Bache überhaupt ein anderes Rinnsal anzuweisen.

Ueber die Art und Weise, wie Erosion mittelst Ableitung des Wildbaches verhindert werden kann, gibt Mougin[186]) durch Be-



Abbildung Nr. 41. Ausschalung einer Runse bei Hüttau, Salzburg.

schreibung der diesbezüglichen, im Wildbache St. Julien im Rhonthale ausgeführten, beachtenswerten Arbeiten Auskunft. Es hat sich dort darum gehandelt, den durch Erosion, allerdings auch Corrosion gefährteten Fuß einer großen Bruchfläche, de Montdenis,

186) „Consolidation des berges par dérivation d'un torrent"; (Torrent de Saint-Julien) von M. Mougin. Paris 1900.

Abbildung Nr. 42, zu schützen, was mit Hilfe von Querwerken als nicht thunlich erkannt wurde, denn diese hätten dem großen Seitendrucke kaum widerstanden und selbst wenn, so wären sie stetig durch das von der Bruchfläche herabkommende Material ver-



Abbildung Nr. 42. Bruchfläche „de Montdenis" im Wildbache von St. Julien, Rhonethal, Frankreich.
Nach einer photographischen Aufnahme von Rudolf Fischer.

schüttet worden. Bachstauungen und damit beständige Angriffe des gefährdeten Bruchterrains wären unvermeidlich gewesen.

Dagegen zeigte es sich als möglich und vortheilhaft, den Bach oberhalb des Bruches mit Hilfe eines 202 m langen, unter 20 Proc. geneigten, 44 m² Querschnitt aufweisenden Tunnels durch

das felsige linke Ufer, Abbildung Nr. 43, abzuleiten. Nach Austritt aus demselben stürzt der Bach aus einer Höhe von 83 m in das alte Bachbett, Abbildung Nr. 44.

Um den Wildbach zu verhindern, seinen früheren Lauf zu nehmen und um die Materialführung überhaupt zu verringern, kamen mehrere größere Thalsperren zur Herstellung, wie solche in den Abbildungen Nr. 45 und 46 ersichtlich sind.



Abbildung Nr. 43. Tunnel im Wildbache von St. Julien.
Aus: „Consolidation des berges par dérivation d'un torrent"; von M. Mougin.

Zum Zwecke der Voruntersuchung und der späteren Ausführung des vorerwähnten Tunnels musste eine Passerelle, ein in Abbildung Nr. 46 ersichtlicher Drahtseilsteg hergestellt werden, welcher mehreremale durch Murgänge und Steinschlag beschädigt wurde. Bemerkenswert ist, dass die an und für sich gewaltige Verwitterungs- und Erosionsarbeit im obersten Theile des Niederschlagsgebietes dieses Wildbaches, wie sie aus Abbildung Nr. 47 zu entnehmen, weniger einflussnehmend auf die Geschiebeführ-

ung des Wildbaches und auf seine Gefährlichkeit ist, als die vorbenannte Bruchfläche, denn der Abtrag des hier vorhandenen Schiefers ist ein langsamer und gibt zu Murgängen keine Veranlassung. Es ist von Interesse, diesem Bilde jenes Nr. 48 ent-



Abbildung Nr. 44. Wildbach von St. Julien.
Nach einer photographischen Aufnahme von Rudolf Fischer.

gegen zu stellen, aus welchem die Erosionswirkung in der so murbruchgefährlichen, sog. „schwarzen Erde", „terres noires" zu entnehmen ist. Diese „terres noires", schwarzer Lias-Mergel, nehmen in den Französischen Alpen, im Ubaythale und anderswo, ausgegedehnte Strecken ein. Unzählige Runsen durchschneiden den

dunklen, vollständig steingrauen Boden, der im Frühjahr, von Winterfeuchtigkeit durchweicht, wie ein dicker Brei fließt, im Sommer aber zu Stein erhärtet. Die Abbildung Nr. 48 zeigt zugleich die Runsenversicherung durch Anlage von kleinen Quer-



Abbildung Nr. 45. Thalsperre im Wildbache von St. Julien.
Nach einer photographischen Aufnahme von Rudolf Fischer.

werken. Die in diesem Boden bisher erzielten, unzureichenden Verbauungserfolge veranlassten den Forstkongress zu Paris, 1900, die Frage dem weiteren Studium zu empfehlen.

Ein anderes Beispiel einer durchgeführten Bachableitung bietet die Verbauung der bekannten Nolla bei Thusis im Gebiete

des Hinterrheines in der Schweiz, über welche Nosek[187]) in seinem Reiseberichte und auch Hess[140]), sowie Kreuter[28]) und andere berichten. Auch enthält das Werk: „Die Wildbachverbauung in de



Abbildung Nr. 46. Passerelle im Wildbache von St. Julien.
Aus: „Consolidation des berges par dérivation d'un torrent"; von M. Mougin.

Schweiz"[188]), über dieses lehrreiche Objekt Ausführliches. Da Kennzeichnende des bezüglichen Verbauungsprojektes bildet die Al

187) „Ueber Regulierung von Gebirgsflüssen und Anlage von Thalsperren i Baiern und in der Schweiz"; Reisebericht erstattet von Theodor Nosek, Brünn 188

188) „Die Wildbachverbauung in der Schweiz"; dargestellt und besproch vom eidg. Oberbauinspektorate. Bern 1890.

UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

des Hinterrheines in der Schweiz, über welche Nosek [187] in seinem Reiseberichte und auch Hess [160], sowie Kreuter [26] und andere berichten. Auch enthält das Werk: „Die Wildbachverbauung in der



Abbildung Nr. 46. Passerelle im Wildbache von St. Julien.
Aus: „Consolidation des berges par dérivation d'un torrent"; von M. Mougin.

Schweiz" [188]), über dieses lehrreiche Objekt Ausführliches. Das Kennzeichnende des bezüglichen Verbauungsprojektes bildet die Ab-

187) „Ueber Regulierung von Gebirgsflüssen und Anlage von Thalsperren in Baiern und in der Schweiz"; Reisebericht erstattet von Theodor Nosek, Brünn 1881.

188) „Die Wildbachverbauung in der Schweiz"; dargestellt und besprochen vom eidg. Oberbauinspektorate. Bern 1890.

leitung der in das Abbruchgebiet sich ergießenden Wasserläufe durch einen Kanal bis zu einer Stelle, wo sie unschädlich in die Nollaschlucht hinuntergeführt werden konnten. Um diesen Zweck zu erreichen, mussten alle Wasserstränge vom linksseitigen Hange im Bogen um das ganze Abbruchbecken herum aufgefangen werden.

Der Zweck war die theilweise Trockenlegung des sehr beweglichen Bodens, Gletscherschutt und Thonschiefer, die Verringerung



Abbildung Nr. 47. Oberstes Einzugsgebiet des Wildbaches von St. Julien.
Aus: „Consolidation des berges par dérivation d'un torrent"; von M. Mougin.

der Erosionskraft und hiemit im Zusammenhang die Begünstigung der Entwickelung stärkerer Gefällsverhältnisse im entwässerten Gebiete.

Eine andere, allerdings nur auf kurzer Strecke durchgeführte Bachableitung im „Rivo gaggio", der bei Cresta in Südtirol in den Avisio mündet, ist aus der Abbildung Nr. 49 ersichtlich.

Mitunter ist es auch möglich, die Erosion durch entsprechende Verbreiterung des Rinnsales zu bekämpfen, doch findet sich hiezu, bei den Bächen des Hochgebirges wenigstens, in der Regel keinerlei

passende Oertlichkeit. Die Verbreiterung kann in den dort vorherrschend schmalen Rinnsalen gewöhnlich nur bei gleichzeitiger Hebung der Sohle mittelst Querwerken erzielt werden.

Um nicht die Erosionswirkung zu begünstigen oder gar heraufzubeschwören, ist es nicht am Platze, in den Rinnsalen etwa eingebettete, große, den Wasserlauf sonst nicht hemmende oder unregelmäßig gestaltende Steine oder Felsblöcke, sowie altes ver-



Abbildung Nr. 48. Runsen in der „schwarzen Erde“, „terres noires“, Wildbach „de Gaudissart“, Basses-Alpes.
Aus: „Les terrains et les paysages torrentiels“; von M. Champsaur.

murtes, unbewegliches Holzmaterial zu entfernen, weil darunter die Festigkeit der Sohle leiden würde.

Von Wichtigkeit ist die Verhinderung der Erosion auf den vielfach steilen Schuttkegeln, vornehmlich der Wildbäche des Hochgebirges.

Es ist, wie dies schon an anderer Stelle hervorgehoben wurde, nicht angezeigt, die endgiltige Versicherung des Schuttkegels gegen Erosion zu übereilen, vielmehr empfiehlt es sich,

wenn eine Verbauung des Thalinnern geplant ist, den Erfolg dieser abzuwarten und am Schuttkegel vorderhand nur einfachere Maßnahmen zu treffen. Vielleicht ist es thunlich, dem Bache dort nur die in Hinkunft wünschenswerte Richtung, so z. B. durch



Abbildung Nr. 49. Bachableitung im „Rivo gaggio“, Südtirol.

Bachräumungen u. dgl. Arbeiten zu geben, die Entwickelung des Gerinnes zu beobachten und gegebenen Falles den Abbruch steiler Ufer durch provisorische Bauten zu verhindern.

Auf den Zusammenhang der Arbeiten im Innern des Wildbaches und auf den Schuttkegel muss das größte Gewicht gelegt werden, denn die Wirkungen eines verbauten Baches sind ganz andere als die eines unverbauten.

Im allgemeinen und besonders bei flachen Schuttkegeln ist der Grundsatz richtig, dass mit der Intensität der Arbeiten im Thalinneren, die Notwendigkeit der Vornahme besonderer Arbeiten am Schuttkegel entfällt, doch könnten viele Beispiele angeführt werden, welche erhärten, dass die im Gerinne des Schuttkegels ausgeführten Schutzbauten, welche vermöge ihrer Konstruktion



Abbildung Nr. 50. Der Schuttkegel des Oselitzenbaches, Gailthal, Kärnthen.

vielleicht jedem Murgang Widerstand geleistet hätten, den wühlenden Wirkungen des aus dem verbauten Wildbache herabgelangten, geschiebefreien Wassers nicht gewachsen waren, auf welchen Umstand gleichfalls Bedacht genommen werden muss.

Die Erosion macht sich auf steilen Schuttkegeln namentlich dann stark bemerkbar, wenn sich nahe der Schuttkegelspitze eine oder mehrere materialstauende Thalsperren befinden, die das Wasser vom Geschiebe reinigen und dessen Erosionsthätigkeit

hart vor dem Austritt auf den Kegel erhöhen. In einem solchen Falle ist erhöhte Vorsicht geboten.

Die Art der Vorkehrungen gegen die Schuttkegelerosion, die Abbildung Nr. 50 zeigt den gewaltigen Schuttkegel des Oselitzenbaches im Gailthale Kärnthens, ist im Hinblick auf die zumeist schon bedeutende Wasserführung der Bäche, oft auch auf den



Abbildung Nr. 51. Regulierung des Oselitzenbaches auf dessen Schuttkegel. Gailthal, Kärnthen.

Mangel ausreichender Ufer, auf die Rücksichtnahme des erhöhten Schutzes von Kulturland, Baulichkeiten, Kommunikationen u. s. w. eine ganz eigenartige. Sie führt in den meisten Fällen zur Herstellung vollständig versicherter Rinnsale, wie ein solches, in Ausführung begriffen, der Abbildung Nr. 51 zu entnehmen ist. Die Abbildung Nr. 52 zeigt den mächtigen Schuttkegel des Riou-Bourdoux bei Barcelonette in den „Basses-Alpes" und die auf demselben durchgeführte Thallaufregulierung. Abbildung Nr. 53 veranschaulicht das Detail einer solchen Anlage.

Ist die Verbauung des betreffenden Wildbaches eine sehr vollständige, so dass die Abfuhr größerer Geschiebemengen nicht mehr zu erwarten steht, so ist der Fall insofern verhältnismäßig einfach, als die ungehinderte Abfuhr der Wassermassen allein leicht zu erzielen ist. Trifft jedoch diese Voraussetzung nicht zu, so kann im Falle des Vorhandenseins von Gefällsbrüchen, die oft nicht zu vermeiden sind, oder bei Mangel der nötigen Vor-



Abbildung Nr. 52. Schuttkegel des „Riou-Bourdoux" bei Barcelonette; Basses-Alpes.
Aus: „Les terrains et les paysages torrentiels"; von M. Champsaur.

flut, allzuleicht eine Ablagerung der Geschiebemassen innerhalb des Gerinnes und eine Ueberflutung desselben, verbunden mit allen schädlichen Folgen, eintreten, wie das schon Culmann in seinem Bericht an den schweizerischen Bundesrat über die in den Jahren 1858, 1859, 1860 und 1863 stattgehabte Untersuchung über die Wildbäche [22]) mit Recht hervorhebt. In einem solchen Falle empfiehlt es sich, wenn die Ableitung im Gerinne unter allen Umständen geboten ist, die Materialführung in demselben thunlichst einzuschränken, was dann zu erreichen möglich ist, wenn das Gerinne in seinem oberen Teile breiter gehalten und mit Hilfe des Einbaues von Querwerken treppenförmig ausgestaltet

wird, so dass sich im Falle von Bachhochgängen innerhalb des breiten, unter geringerem Gefälle geneigten Rinnsale ein großer Teil des Materiales, wenigstens für kürzere Zeit, abzusetzen vermag. Dieses wird dann in der Regel durch die folgenden schwächeren



Abbildung Nr. 53. Regulierung am Schuttkegel des Wildbaches von St. Julien.
Nach einer photographischen Aufnahme von Rudolf Fischer.

Hoch- oder selbst Mittelwässer langsamer und unschädlicher zur Abfuhr gelangen können. Die Abbildung Nr. 54 zeigt eine solche Anlage. Auch kann, wie das aus Abbildung Nr. 55 hervorgeht, die Materialführung vor Eintritt des Baches in das versicherte Gerinne durch eine Reihe von Querwerken herabgemindert werden.

Bezüglich der Art der Schuttkegelversicherung nach Schindler, wird auf das diesbezüglich bereits an anderer Stelle Gesagte verwiesen. In Fig. 21, Seite 127, ist die Versicherung eines Hauptschuttkegels dargestellt. Den Abschluss des dem Schuttkegel zugemessenen Raumes würde ein engerer Pfahlhaag und ein noch engerer Schlammhaag bilden. Das abfließende Wasser wäre in einem



Abbildung Nr. 54. Regulierung des Oselitzenbaches, Gailthal, Kärnthen.

Sammelkanal *C*, mit Fangdamm *D*, auf der Thalseite aufzufangen und von da abzuleiten.

Schindler gibt zu, dass die auf diese Weise begünstigte Ueberflutung des Kegels nach allen Seiten hin mancherlei Gefahren mit sich bringen kann, doch sei mit der zehn- und mehrfachen Brechung der Wasserkraft eine viel größere Wahrscheinlichkeit der Unschädlichkeit, im Gegensatze zum konzentrierten Ausbruche verbunden.

Auch in den Wildbächen der Berg- und Hügelländer kann die beschriebene Art der Verbauung der Schluchten und der Runsen

gegen Erosion oder selbst auch jene der Schuttkegel, wo solche ausgesprochen vorhanden sind, entsprechend angewendet werden. Vornehmlich handelt es sich jedoch in derartigen Bächen um Verhinderung der Erosion in den ausgedehnten breiten Schotterfeldern der langgestreckten Thalläufe und es erscheint hier geboten, der Wandelbarkeit der vorhandenen alten Schotterdeponien ein Ziel zu setzen, dem Bache ein bestimmtes Gerinne zuzuweisen.



Abbildung Nr. 55. Verbauungen im Wildbache von St. Julien.
Nach einer photographischen Aufnahme von Rudolf Fischer.

Diese Art der Versicherung gegen Erosion führt sonach zur Bachregulierung auf langen Strecken, wie sie aus Abbildung Nr. 8, Seite 38, zu sehen war, und auch aus Abbildung Nr. 56 zu ersehen ist.

Ohne der in einem folgenden Abschnitte zu beschreibenden Bauweise vorgreifen zu wollen, ist hervorzuheben, dass es bei Regulierung von Gebirgswässern namentlich die veränderlichen Wasser- und Gechiebemengen sind, welche der Beurteilung über die zutreffende Größe, Form und Versicherung der zu schaffenden Abflussgerinne hindernd im Wege stehen.

So sehr man sich auch bemühen mag, die örtlichen Verhältnisse zu ergründen und, ihnen angepasst, ein zutreffendes Regulierungsprofil und Bausystem zu wählen, so wird man doch in vielen Fällen gerade dann zum Schaden eines Besseren belehrt,



Abbildung Nr. 56. Regulierung im Dopkabache. Weichselgebiet, Oesterr.-Schlesien. Aus: „Geschichte der österr. Land- und Forstwirtschaft und ihrer Industrien, 1848—1898."

wenn die Zweckmäßigkeit der Anlage auf die größte Probe gestellt und wirksamer Schutz am meisten von nöten ist.

Im allgemeinen sind die Verhältnisse bei den Bächen mit größerem Gefälle, kürzerem Laufe und ausgesprochenen Rinnsalen, das ist vorherrschend bei den Bächen des Hochgebirges für die Regulierung deshalb nicht ungünstig zu nennen, weil die Schaffung eines hinlänglich großen, einfachen Profiles durch Tieferlegung der Nivelette oder doch nur durch geringe Anschüttung

Aus dem ganz gerechtfertigten Bestreben, die künftigen Bachufer und das Ueberschwemmungsgebiet so rasch als thunlich in Kultur zu setzen, leitet sich die häufige Anwendung des ausschlagfähigen Materials zur Herstellung von Parallelwerken, Buhnen und Traversen ab, und es kann aus diesem Grunde und auch des Kostenpunktes und Materialmangels wegen, die Anwendung, beispielsweise des Steinkastenbaues und anderer ähnlicher Bauweisen, nur für kurze Strecken in Betracht kommen.

Bei der Anlage ist weiters die Frage aufzuwerfen, ob Sohlensicherungen nötig fallen oder nicht. In erster Linie sind diesfalls naturgemäß das Gefälle und die Sohlenbeschaffenheit entscheidend.

Maßgebend ist aber auch der Charakter der Böschungsversicherung, denn starre Parallelbauten erfordern Sohlensicherungen schon bei geringem Gefälle, bewegliche lassen sie zumindest bei geringeren Gefällswerten entbehrlich erscheinen.

In dem letzteren Umstande liegt der besondere Vorteil solch' beweglicher Bauten, denn man geht des Kostenpunktes wegen den Sohlensicherungen gerne aus dem Wege.

Bei Schaffung eines Sohlengerippes durch Herstellung von Grundschwellen ist auch die kolkende Wasserwirkung innerhalb des Gerinnes und unterhalb jeder Schwelle ein sehr zu berücksichtigender Umstand.

Die besondere Schwierigkeit der Wahl eines zutreffenden Normalprofils lässt es ratsam erscheinen, derartige Regulierungsarbeiten nicht sofort endgiltig zur Ausführung zu bringen. Vorteilhaft kann es sein, die ausgedehnten Schotterbänke langsam, von links und rechts gegen die künftige Regulierungslinie hin, mit Hilfe von Buhnen zu sichern und aufzuforsten. Auf diese Weise werden die Wässer gezwungen, ihren Lauf gegen die künftige Regulierungslinie zu nehmen und selbst an der Ausbildung des Bachschlauches, welche Ausbildung übrigens auch durch Räumungsarbeiten unterstützt werden kann, mitzuarbeiten.

So kann ein Zeitpunkt eintreten, in welchem die Ausbildung des Normalprofiles als annähernd vollendet anzusehen ist, zumindest sind über die zutreffende Art desselben sichere Anhaltspunkte vorhanden, und es ist dann an der Zeit, wenn das noch nötig sein sollte, zur endgiltigen Versicherung des Gerinnes mit Parallel-, eventuell auch Querbauten, wie das an anderer Stelle des näheren ausgeführt werden soll, zu schreiten. Jedenfalls bietet diese Art

des Vorganges größere Gewähr für eine zutreffendere und bessere ökonomische Gebahrung, setzt aber voraus, dass, was strenge genommen immer der Fall sein sollte, zur Durchführung genügend Zeit zur Verfügung steht.



Abbildung Nr. 57. Lebnenverflechtung im Johannesbache bei Arnbach, Tirol.

Zu den Vorkehrungen, deren Aufgabe es ist, die Erosion zu verhindern, gehören auch jene Arbeiten, welche den Boden oberflächlich zu binden und dauernder Beruhigung zuzuführen haben, das sind die eigentlichen Bodenbindungsarbeiten. Zu diesen zählt zunächst die Verflechtung, Abbildung Nr. 57.

Die Wirkung der Verflechtung äußert sich in erster Linie in

dem Widerstande, den die nach abwärts strebende Geröll- oder Erdmasse an der Oberfläche erfährt.

Da das zur Verwendung gelangende Flechtmateriale womöglich aus ausschlagfähigen Reisern bestehen soll, so wird in vielen Fällen gleichzeitig die Bewurzelung des Bodens erzielt werden können.

Die Flechtzäune bestehen aus in den Boden eingeschlagenen Pflöcken, welche mit Flechtmaterial, im Notfalle auch mit Nadelholzreisig, verflochten werden. Hinsichtlich der Verwendung des wünschenswerten Materiales wird bei Besprechung der Herstellung von Querflechtwerken zurückgekommen werden.

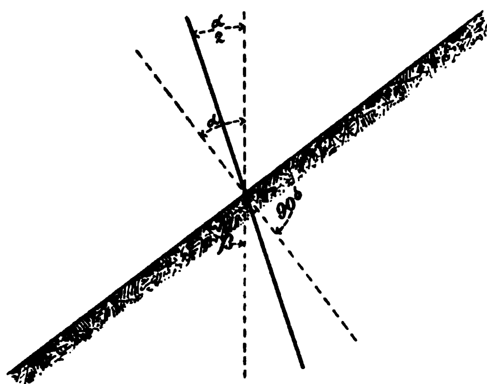


Fig. 22.

Die Tiefe, in welche die zumeist 8—10 cm starken Pflöcke einzuschlagen sind, sowie die Entfernung zwischen je zwei Pflöcken, richtet sich nach der Widerstandskraft, die beansprucht wird. Erstere kann 0,6—1 m, letztere 0,5—1 m betragen. Die Höhe des Flechtzauns soll thunlichst gering, 1—2 dcm, gehalten werden, weil sonst die Beschädigung durch herabfallende Steine, auch die Gefahr des Auskolkens im Falle reichlichern Abflusses von Meteorwasser zu befürchten sind.

Es wird oft vorgeschlagen, die Pflöcke in der nach Fig. 22 angegebenen Weise in den Boden einzurammen, um einerseits bei normaler Richtung zum Hange der Gefahr des Herausdrückens der Pflöcke und, hiemit im Zusammenhange, der Lockerung des Bodens zu steuern, anderseits, bei vertikaler Pflockstellung, die Bloßlegung des Pflockes an der Thalseite, infolge des vielleicht zu spitzen Winkels β, besser zu verhindern. Bei der praktischen Ausführung wird dieser allerdings zutreffende Grundsatz nicht immer und überall Berücksichtigung finden können und ist an und für sich dort nicht zu beachten, wo der Zaun auf eine Terrasse gesetzt wird.

Die mögliche Anordnung der Flechtzäune in der Lehne ist aus den Figuren 23, 24, 25 u. 26 ersichtlich.

Vom Standpunkte des Materialbedarfes ist die Verflechtung in horizontalen und unterbrochenen Streifen, Fig. 24, vorzuziehen, wogegen die Verflechtung nach Fig. 23 als eine vollkommenere anzusehen ist.

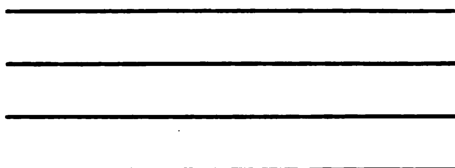


Fig. 23.

Die schiefe Verflechtung nach Fig. 25, die in der Regel mit der Herstellung eines gesicherten Gerinnes, so z. B. einer Schale *S* in Verbindung steht, ist in lockeren Lehnen nicht zu empfehlen, da leicht eine Unterwaschung des Flechtwerkes durch das längs desselben abfließende Wasser eintreten und die Herstellung auf mancherlei Schwierigkeiten stoßen kann. Doppelte, kreuzweise Verflechtungen, Fig. 26, bieten allerdings die größte Sicherheit, doch sind sie für größere Flächen, wenn nicht ganz besonderer Schutz verlangt wird, des Kostenpunktes wegen nicht

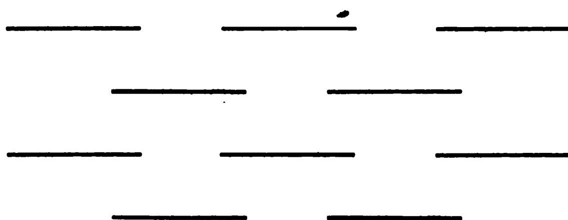


Fig. 24.

zu empfehlen. In Frankreich sind Verflechtungen anzutreffen, bei welchen horizontal verlaufende Reihen durch darauf normal stehende gekreuzt werden, was gegenüber der Anordnung nach Fig. 26 eine gewisse Einsparung an Länge der Flechtzäune mit sich bringen kann. Wird die Verflechtung zum ganz besonderen Schutze von Anpflanzungen hergestellt, so kann sie auch korbweise oder hackenförmig, mit der Spitze nach oben zu, ausgeführt werden.

Die Verflechtung muss im allgemeinen als eine kostspielige Maßregel bezeichnet werden, deren Durchführung gerne, wenn es sich nicht etwa um nennenswerte Hebung des Ertrages handelt

und technische Gründe sie nicht unbedingt erheischen, aus dem Wege gegangen wird.

Die schiefe Entfernung der einzelnen, horizontal gedachten Flechtwerke hängt von der Neigung des Hanges und wohl auch von der Höhe des Flechtzaunes ab. Sie kann mit 1—2 m angenommen werden.

Der Herstellung der Flechtwerke geht ein genügendes Planieren der Böschung und vielfach auch, Abbildung Nr. 58, deren Terras-

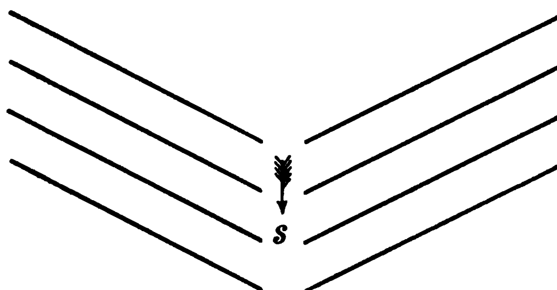


Fig. 25.

sierung voraus. In letzterem Falle wird gleich nach Herstellung des Flechtzaunes zum Schutze vor herabrollenden Steinen sowie vor Austrocknung, und somit auch behufs leichterer Begrünung, bergseits an denselben Erdreich gedrückt.

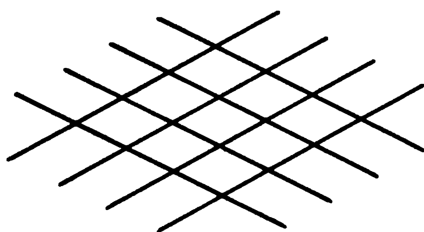


Fig. 26.

Auf jeden Fall ist es angezeigt, wenn der Flechtzaun als solcher nicht schon aus ausschlagfähigem Material bestehen sollte, in denselben ausschlagfähige Ruten zu stecken.

Wird die Lehne zwischen den Flechtzäunen mit einer aus ausschlagfähigem Materiale gebildeten Spreitlage bedeckt, welche sich unter je zwei Flechtzaunreihen hindurchzieht, so bietet eine solche Anlage nicht allein guten oberflächlichen Schutz, sondern auch die Möglichkeit rascher Begrünung. Sie wird bei kleinen Flächen namentlich dort Anwendung finden können, wo genügend ausschlagfähiges Material vorhanden und die Bedingung für dessen Gedeihen vorhanden ist.

Statt Flechtwerken können auch Faschinen in Anwendung kommen. Auch die sogenannten Schwartlingzäune und selbst schwache Stützmauern, Abbildung Nr. 59, werden hie und da errichtet.

Die Anwendung von Faschinen ist der Schwere der letzteren wegen nicht zu empfehlen. Keinesfalls sollten solche stärker als 15—20 cm gehalten sein. Sie fördern die Bewurzelung weniger



Abbildung Nr. 58. Périmètre d'Entraigues, Isère, Torrent du Villard.
Aus: „Reboisement et Gazonnement des montagnes"; von Eugène de Gayffier.

als der Flechtzaun und sind auf den meist steilen Lehnen schwer zu transportieren. Ueberdies gestatten die Flechtwerke dem Wasser besseren Durchlass und führen so dem Boden gleichmäßiger Feuchtigkeit zu.

Die Verwendung von Schwartlingen, oder auch nur hinter die Pflöcke gesteckten Stangen, z. B. Durchforstungsmateriale, ist dann nicht unzweckmäßig, wenn es sich um vorübergehenden Schutz oder um Sicherung von minder gefährlichen oder von solchen Lehnen handelt, die sich voraussichtlich rasch begrünen.

Die Herstellung von Stützmauern ist nicht nur eine kostspielige Anlage, sondern setzt auch festes Erdreich in geringer Tiefe behufs Fundierung voraus. Ueberdies fördern sie die Bewurzelung gar nicht und es ist Steinmateriale meist schwer auf den Schuttlehnen zu gewinnen.

In seltenen Fällen, so bei Vorhandensein großer Schiefer-



Abbildung Nr. 59. Böschungsversicherung mittels Verflechtung und Trockenmauern, Rivo di Faedo, Südtirol.

platten und bei Abgang von Holz in Lagen ober der Holzvegetationsgrenze, kann mit Hilfe der ersteren oberflächliche Bodenabschwemmung verhindert werden, wie dies z. B. in den Hochlagen des Steggrabens, eines Seitenzuzuges des Kaponigbaches, im Möllthale Kärnthens, der Fall war.

Als andere Mittel zur Beruhigung von Rutschterrain sind der Rasenbelag, sei es allein, sei es im Verein mit Flechtzäunen, und die Versicherung durch Abpflastern oder mittelst Berauhwehren zu erwähnen.

Der Rasenbelag, Abbildung Nr. 60, empfiehlt sich dort, wo das Material in genügender Menge vorhanden und dessen Gedeihen gesichert ist, dann wo dessen Transport, vermöge seiner nicht unbeträchtlichen Schwere, nicht zu mühsam fallen sollte. Die Rasen



Abbildung Nr. 60. Böschungsversicherung mit Rasenbelag. Sohlenstaffelung mit Steinsperren. Litavkagebiet, Böhmen.

werden in quadratische Stücke von 3—4 dm Seitenlänge gestochen und in verschiedener Weise auf die Lehne gesetzt. Mit Rücksicht auf Material- und Kostenersparung empfiehlt sich die Anordnung, sei es in horizontal verlaufenden ununterbrochenen Streifen, sei es schachbrettartig nach Abbildung Nr. 61.

In letztem Falle wird gewöhnlich zwischen den Rasenstücken gepflanzt und es ist bei leicht abschwemmbaren Boden geraten, die Rasenstücke in den Ecken sich übergreifen zu lassen, weil



Abbildung Nr. 61. Böschungsversicherung mit Rasenbelag. Sohlenstaffelung mit Flechtwerken. Litavkagebiet, Böhmen.

sich sonst längs den Rasenkanten kleine Erosionsrinnen entwickeln könnten.

Aehnlich ist die von Müller[157]) empfohlene Versicherung. Nach derselben werden Rasenflächen, die im Abrutschen begriffen sind, durch eingetriebene Pfähle, deren Stärke 5—7 cm beträgt und die in Abständen von etwa 1—1,5 m eingetrieben werden, gehalten, wie man sagt, verschlagen.

Ganz im Abbruche befindliche Stellen sollen nach Müller in folgender Art versichert werden: Man sticht Rasenstücke von 0,5—0,6 m im Quadrate und wo thunlich 1—1,5 dm stark, und heftet diese durch Pfähle von 1—1,2 m Länge, je nach Mächtigkeit des beweglichen Lehnenteiles, auf die bloßliegende Fläche immer so, dass die Entfernung der Pfähle 1,5—2 m beträgt. Die Zwischenräume sind dann derart gebunden, dass man Pflanzen einsetzen oder die Fläche besamen kann. In die Rasenstücke werden Weidenstecklinge eingesteckt. Gleiches geschieht auch rings um die eingesetzten Waldpflanzen, oder überhaupt auf den noch unbedeckten Stellen. In die größeren Rinnsale einer solchen Rutschfläche werden die schon an anderer Stelle erwähnten Faschinen, der Länge nach, eingelegt.

Der Rasenbelag kann, behufs Verstärkung der Anlage, auch derart mit der Verflechtung vereint angewendet werden, dass zwischen die parallel oder kreuzweise verlaufenden Flechtzäune Rasenstücke eingelegt werden.

Was die Bekämpfung der Corrosion anbelangt, so steht diese mit jener der Erosion dann in einem besonderen Zusammenhange, wenn der vermehrte Angriff der Böschungen, beziehungsweise deren Einsturz, auf die Sohlenvertiefung zurückzuführen ist. Alle Maßnahmen, welche die letztere zu verhindern geeignet sind, werden dann auch die Gefahr der ersteren verringern oder beheben.

Corrosion kann auch durch den Anprall des Wassers auf konkave Uferstellen oder durch Verwerfung des Stromstriches infolge ungünstiger Lagerungsverhältnisse im Bachbette, durch vorspringende Uferstellen u. a. m., hervorgerufen werden. In solchen Fällen können Geradlegungen, Ableitungen, Sprengungen einzelner Felsköpfe, Bachräumungen u. dgl. m. zweckdienlich sein. Die ersteren, die Geradlegungen, erhöhen das Gefälle, führen die Wässer rascher ab, begünstigen die Sohlenerosion, machen sich oft auf die oberen und unteren Anschlussstrecken ungünstig bemerkbar, sind kostspielig, und können deshalb, von besonderen Fällen abgesehen, im allgemeinen nicht empfohlen werden. Es gilt dies nicht allein für die Wildbäche des Hochgebirges, sondern auch für jene der Berg- und Hügelländer.

Dort wo Corrosion im Vereine mit Sohlenerosion zu beheben ist, und wo zu letzterem Zwecke Querwerke in Anwendung kommen,

kann durch passende Anordnung der Krone dieser letzteren, das Wasser von der gefährdeten Lehne oder von beiden zugleich abgehalten werden, wie das aus Abbildung Nr. 62 hervorgeht. Durch die das Leitwerk stützenden Grundschwellen wird nicht allein die



Abbildung Nr. 62. Versicherung gegen Erosion und Corrosion im Rivo Lungo, Südtirol.

Sohlenvertiefung verhindert, sondern gleichzeitig der Stromstrich in der Mitte gehalten. In der oberen Strecke haben die beiden sichtbaren, niedrig gehaltenen Thalsperren vermöge ihrer Kronenform die Corrosion zu verhindern.

Die gebräuchlichste Art der Verhinderung der Corrosion ist jedoch die mit Hilfe des Uferschutzbaues in seiner verschieden-

artigsten Form, auf welchen an anderer Stelle zurückgekommen wird. Abbildung Nr. 63 zeigt einen solchen, im untersten Theile durch ein Querwerk gestützten Uferschutzbau.

Buhnen oder Sporen kommen, namentlich unter stärkeren



Abbildung Nr. 63. Uferschutzbau im Rivo Brusago, Südtirol.

Gefällswerten, in den Wildbächen des Hochgebirges deshalb seltener zur Anwendung, weil sie, wie Dengler[189]) richtig bemerkt, und es gilt dies für Wildbäche ganz besonders, als ein zweischneidiges Schwert in der Hand des Ingenieurs anzusehen

189) „Weg-, Brücken- und Wasserbaukunde für Land- und Forstwirte"; von Leopold Dengler. Stuttgart 1868.

sind. In den Wildbächen der Berg- und Hügelländer kann ihre Anwendung eine allgemeinere sein.

Die Anwendung des Uferschutzbaues in den Wildbächen des Hochgebirges ist eine im gewissen Sinne nur beschränkte.



Abbildung Nr. 64. Versicherung gegen Erosion und Corrosion im Lichtmessbache bei Admont, Steiermark.

Die vielfach gegebenen engen Profile stehen der Herstellung von Parallelwerken im Wege; das zumeist vorherrschende große Gefälle erfordert besondere Vorkehrungen behufs Verhinderung der Unterwaschung derselben; die Schaffung hochwasserfreier Kronen ist oft nicht durchführbar. In der Regel be-

schränkt sich deshalb die Herstellung solcher Uferschutzbauten in den Wildbächen des Hochgebirges auf jene Oertlichkeiten, wo es sich gleichzeitig darum handelt, brüchigen Lehnen oder Uferstellen Stütze im Fuße zu verschaffen und an diese Stütze die weiter in den Anbrüchen nötigen Arbeiten anzuschließen. Im allgemeinen kann sich die Herstellung des Uferschutzbaues in den Wildbächen des Hochgebirges vornehmlich in den vielfach breiten und nicht zu steil verlaufenden Thälern der großen, zusammengesetzten Wildbäche empfehlen und können dort wohl auch unter gewissen Verhältnissen Buhnen- und Sporenbauten in Anwendung kommen. In den Wildbächen der Berg- und Hügelländer findet der Uferschutzbau die weiteste Anwendung.

Hinsichtlich der Wahl des Baumaterials möge darauf verwiesen werden, dass derartige Bauten, namentlich in den Wildbächen des Hochgebirges und bei durchfeuchtetem Boden, mitunter einem bedeutenden Seitendrucke ausgesetzt sind. In solchen Fällen sind die mehr elastischen Holzbauten den Steinbauten vorzuziehen, wie eine solche Anlage der Abbildung Nr. 64 zu entnehmen ist.

Strenge genommen nicht hieher gehörig, aber doch der Vollständigkeit wegen zu erwähnen, ist die Corrosionswirkung des stehenden Wassers, des Meeres, bezw. des Windes, welche zur Verbauung der Dünen führt. Diesbezüglich wird, was die allgemeinen Verhältnisse anbelangt, auf das einschlägige Werk von Sokolów,[190]) was jene an der französischen Küste betrifft, auf die bereits bezogene Abhandlung von Lafond[49]), bezüglich des deutschen Dünenbaues aber auf das einschlägige Werk von Gerhardt[191]) verwiesen.

Vorkehrungen gegen Unterwühlung.

Die unschädliche Ableitung der Quell- und Sickerwässer, die Drainage, welche schon im Altertume eine bekannte Melioration war, späterhin aber in Vergessenheit gekommen sein dürfte und erst in der Mitte des 17. Jahrhundertes in England wieder vereinzelt geübt wurde, gehört, was die Verhältnisse in den Wildbächen anbelangt, in gewisser Beziehung zu den schwierigsten Verbauungs-

190) „Die Dünen-Bildung, Entwickelung und innerer Bau"; von N. A. Sokolów Berlin 1894; mit reicher Autorenangabe.

191) „Handbuch des deutschen Dünenbaues"; von Paul Gerhardt. Berlin 1900.

arbeiten. Nicht allein, dass es in vielen Fällen kaum thunlich ist, die unterirdische Thätigkeit dieser Wässer vollauf zu ergründen und danach die Anlage von vorneherein zweckmäßig einzurichten, so bieten auch die ihrer Form und geognostischen Zusammensetzung nach sehr abweichenden Bodenverhältnisse mancherlei Schwierigkeiten.

Es kann nicht Aufgabe sein, im Rahmen dieses Buches den Gegenstand erschöpfend zu behandeln und wird diesbezüglich, wie schon an anderer Stelle, auf die einschlägige Arbeit Ludwig E. Tiefenbachers [50]) verwiesen, in welcher die Aufgaben zur Behebung von Rutschungen, verursacht durch die unterwühlende Wasserthätigkeit, ausführliche Erörterung finden. Insofern die Verhältnisse in den Wildbächen es nötig erscheinen lassen, auf Sonderheiten der Ausführung aufmerksam zu machen, soll dies im Nachstehenden geschehen.

Ganz allgemein gilt der Grundsatz, nicht allein jenen Böden, welche sich infolge der Thätigkeit der Sickerwässer bereits in Bewegung befinden und unbedingt der Sicherung bedürfen, sondern auch solchen volle Aufmerksamkeit zu schenken, bei welchen die Bewegung in der Folge voraussichtlich eintreten müsste. Diesfalls kommen zunächst die nassen Böden in Betracht. Nach stärkerem Regen findet sich in den Vertiefungen derselben noch längere Zeit hindurch Wasser stehend vor, sie trocknen im Frühjahr später aus und werden bei großer Hitze bald sehr fest, rissig, behalten aber immer oder zumeist feuchte, dunkle Stellen, die als Wasser- oder Nassgallen bekannt sind.

Ein anderes untrügliches Merkmal ist die Vegetation, welche in nassen Böden stets später als in trockenen beginnt und aus verschiedenen Sumpfgewächsen, Herbstzeitlose, Sumpfbaldrian, Ranunkel u. s. w. besteht. Der Grad der Bodennässe hängt unter sonst gleichen Umständen von der wasserzurückhaltenden Kraft der einzelnen Bodenarten ab, und es zeichnet sich diesbezüglich der humöse Waldboden im allgemeinen vor allen anderen besonders aus. Die in die tieferen Bodenschichten eindringende, quellbildende Sickerwassermenge wird also hier eine bedeutende, die Notwendigkeit der Entwässerung in gegebenen Fällen eine besondere sein können.

Der Grad der Bodennässe kann auch durch die größere oder geringere Unterlagerungstiefe wasserundurchlässiger Schichten, zumeist Thonschichten oder von festem Fels gebildeten, bedingt

werden, und dies namentlich in ebenen oder annähernd ebenen, dann in muldenförmigen Lagen, wo ein genügender Abfluss auf der undurchlässigen Schichte nicht stattfinden kann.

In solchen Fällen tritt leicht eine Rückstauung der Sickerwässer ein und es bilden sich die vorerwähnten Wasser- oder Nassgallen. Kann jedoch das Wasser auf der undurchlässigen Schichte abfließen, dann tritt es irgendwo unterhalb als Quelle zutage, welche Ursache der Unterwaschung oder der Bildung von Bodenfaltungen geben kann und deren Wasserreichtum im allgemeinen von dem Grade der jeweiligen Niederschlagsmengen abhängig ist.

Die Natur und Lage der Quellen kann für die Beurteilung der Thätigkeit der Sickerwässer Anhaltspunkte geben.

Die Quelle ist nach Koch[192]) fließend, wenn Wasser auf undurchlässiger Schichte abrinnt und diese undurchlässige Schichte oberhalb der Thalsohle zu Tage tritt. Ist dies nicht der Fall, d. h. geht diese Schichte unterhalb der Thalsohle aus und kommt dabei gegen undurchdringliche Massen zu stehen, so entsteht die steigende Quelle.

Die Quelle kann an zwei entgegengesetzten Seiten einer Bergkuppe zu Tage treten, wenn sich die undurchlässige Schichte, sei es horizontal, sei es muldenförmig, durch dieselbe zieht. Im letzteren Falle wird sie zur Ueberfallsquelle und überdies noch zur Spaltquelle, wenn sie steigend und fallend in einem Bergspalt zu Tage tritt. Die Natur jener Quellen, die als artesische Brunnen bezeichnet werden, ist genügend bekannt.

Quellen, die ganz oberflächlich, d. h. unmittelbar unter der Humusschichte verlaufen, heißen Rasenquellen; sie machen die täglichen Schwankungen der Lufttemperatur mit. In größerer Tiefe heißt die Quelle Bodenquelle; sie macht zumindest die Schwankungen der Jahrestemperatur mit und entnimmt ihr Wasser dem obersten Grundwasserniveau. Quellen, die beiläufig aus jenen Regionen kommen, wo die Gesteinstemperatur ungefähr dem Jahrestemperaturmittel des Ortes entspricht, haben diese Temperatur angenommen.

Quellen, die aus größerer Tiefe kommen und dann ihre Temperatur bewahren, heißen Gesteinsquellen. Thermen endlich sind

---

192) „Das schnelle Anschwellen der Gebirgswässer und Vorschläge zur Verhinderung derselben"; von Friedrich Wilhelm Koch., Trier 1883.

Quellen, die aus sehr großer Tiefe aufsteigen und deren Temperatur das Jahresmittel übersteigt.

Liegt der Ort, wo die Niederschlagswässer einsickern, nahe dem Austritte der Quelle, so wird sie rasch steigen, bezw. schnell abfließen. Liegt dagegen der gemeinte Ort weit entfernt, so sind Steigen und Abfluss gleichmäßiger.

In nicht seltenen Fällen ist die Ursache des Einsickerns der Wässer, und es ist dies namentlich im Hochgebirge häufig der Fall, auf unzweckmäßige Wasserbenutzung, Bewässerung von Alpen, Weideflächen, Wiesen, dann auf unzweckmäßige Anlage von Nutz- und Trinkwasserleitungen, Cisternen u. a. m. zurückzuführen.

Es überrascht förmlich, dass die Ursache der meisten und größten Bruchflächen im Hochgebirge mit dem Vorhandensein solcher Anlagen, bezw. der Durchführung solcher Maßnahmen, sicherlich wenigstens teilweise in Zusammenhang gebracht werden kann. Es ist deshalb geboten, auch diese Verhältnisse im Auge zu behalten und auf ihre Regelung hinzuwirken, was allerdings, mangels zumeist genügender gesetzlicher Handhabe, nur schwer oder doch nur auf Kosten des betreffenden Unternehmens, sonach bei namhafter Belastung dieses letzteren möglich ist. Deshalb sollte bei Festsetzung gesetzlicher Maßnahmen für die Bewirtschaftung von Alpen und sonstiger Weideflächen im Gebirge, diesem Umstande, wo das etwa nicht schon geplant oder geschehen ist, gebührend Rechnung getragen werden.

Wenn es sich nun darum handelt, bereits wühlende Wässer unschädlich abzuleiten, so ist es von Wesenheit, ihr Ursprungs- und Eindringungsgebiet möglichst genau zu erforschen. Ist dieses letztere räumlich beschränkt, so ist die Aufgabe eine verhältnismäßig leicht lösliche, sie wird aber schwieriger, wenn es sich um Ableitung eines weitverzweigten Netzes von Sickerwässern handelt. In allen Fällen sind diese Wässer zu fassen und in passender Art zu Thale zu führen. Die diesbezüglich zu beachtenden allgemeinen Grundsätze mögen wie folgt kurze Erwähnung finden.

In den Wildbachgebieten, bei Vorhandensein meist starken Gefälles und leicht lockerbaren Gesteinsarten, ist es ein Gebot der Notwendigkeit, die gesammelten Wässer, wenn möglich, thunlichst rasch, das heißt nach der Richtung des größten Gefälles abzuleiten. Sie in transversaler Richtung, also mehr im Hange ver-

laufend zu führen, empfiehlt sich im allgemeinen nur dann, wenn das in Folge des trägen Laufes begünstigte Wiedereinsickern in den Boden durch Vorhandensein fester, undurchlässiger Bodenschichten oder im Falle künstlicher Versicherung der Leitung ausgeschlossen ist.

Diesem Grundsatze allerdings entgegen steht die Anpreisung der sogenannten Horizontalgräben, in Tirol auch „Geppertische Horizontalgräben" genannt. Derartige horizontale Grabenanlagen, über welche schon Plato schreibt, kamen bei den alten Griechen, später nicht selten in Italien, namentlich im Toscanischen zur Anwendung. Der französische Ingenieur Polonceau hat sie im Jahre 1847 neuerdings vorgeschlagen. In den Verhandlungen des österreichischen Forstkongresses vom Jahre 1886 ist hierüber Folgendes zu lesen: Solche Gräben sollen in neuester Zeit mit größerem Erfolge in Bayern und zwar im Hardtgebirge bei Deidesheim in der Gimmeldinger Gemeindewaldung errichtet worden sein. Sie haben eine Breite von ca. $^1/_2$ m (auch nur 30 bis 35 cm), eine Tiefe nach der Zulässigkeit des Bodens und eine durch das Terrain gegebene Länge. Dort wo Steine und Wurzelstöcke vorhanden, wird die Anlage unterbrochen. Sie werden horizontal und möglichst schachbrettartig, 10, 20—25 m entfernt, stufenförmig übereinander angelegt, und zwar immer so, dass der Auslauf des oberen Horizontalgrabens durch den unteren Graben gedeckt ist.[193])

Es hat den Anschein, als ob der Zweck solcher Anlagen entweder nicht richtig erkannt, oder zu weitreichend gedacht wurde. Der Zweck kann wohl nur darin bestehen, die Niederschlagswässer aufzufangen und deren Abfluss zu verzögern, ein Erfolg, der allerdings sehr erwünscht wäre. Es setzt aber dessen Zutreffen die ausreichende Anlage solcher Gräben voraus, eine Voraussetzung, die bei den zumeist ausgedehnten Niederschlagsgebieten der Wildbäche und bei den sonstigen Schwierigkeiten administrativer und wohl auch finanzieller Natur nur selten verwirklicht werden könnte. Aber selbst wenn sie zuträfe, so käme doch zu beachten, dass derartige Gräben vielfach gerade das zu begünstigen geeignet sind, was vermieden werden soll, d. i. das Einsickern der Wässer in den Boden. Ihre Anlage ist deshalb sicherlich dort nicht am

193) Ueber Horizontalgräben siehe auch: „Die Bekämpfung der verheerenden Ueberschwemmungen, des Wassermangels und der Dürre"; von Heydecke. Braunschweig 1894.

Platze, wo mit dem Einsickern die Gefahr der Rutschung heraufbeschworen werden könnte, also in an und für sich feuchten Böden. In ganz besonderen Fällen und unter verhältnismäßig kleinlichen Verhältnissen, bei Vorhandensein sehr trockener Böden, kann mit derartigen Gräben immerhin ein Erfolg und zwar im Hinblick auf zeitliche Zurückhaltung der Niederschläge erzielt werden. Dort wo der trockene Boden für die Kultur wieder gewonnen werden, also z. B. wieder aufgeforstet werden soll, eignen sich derartige Gräben als Feuchtigkeitssammler allerdings in ganz besonderer Weise.

Die in den Wildbächen gebräuchliche Art der Wasserableitung besteht in der Anlage von kleineren Sauggräben, welche die Wässer zu fassen und in die größeren Sammel- oder Hauptgräben zu leiten haben, von welchen sie unschädlich in das Thal geführt werden sollen. Es ist ein Unterschied zu machen, ob sich die Entwässerung im gebundenen oder ob im bereits in Bewegung befindlichen Boden vollziehen soll. Im gebundenen Boden, wo eintretende Erdbewegungen und das Unterbrechen der Entwässerungsanlagen nicht zu erwarten sind, können die Entwässerungsgräben im allgemeinen in einfacher Weise und ohne besondere Vorsichtsmaßregeln hergestellt werden. Im Boden aber, der sich schon im Abbruche befindet, ist es zumeist geboten vorerst provisorisch, etwa mit Hilfe von hölzernen, wo möglich nicht steil quer durch die Lehne laufenden Rinnen zu entwässern, den Erfolg zu beobachten und dann erst an die endgiltige Anlage des Entwässerungsnetzes zu schreiten. Auch wird dieser Anlage ein teilweises Planieren, Skarpieren steiler Bruchpartien, steiler Gräte, das Enfernen größerer Steine u. dgl. m. vorauszugehen haben.

Die Gräben sind vorteilhaft geschlossen zu halten. Offene Gräben, wie solche, mit Flechtmaterial verkleidet, in Abbildung Nr. 65 zu sehen sind, empfehlen sich nur dort, wo die durchlässige Bodenschichte nicht mächtig, und die Gefahr des Verschüttens nicht zu befürchten ist, welch' letztere Voraussetzung bei im Abbruche befindlichen oder zum Abbruche geneigten Böden nicht zutrifft, daher dort unter allen Umständen geschlossene Leitungen herzustellen sind. Ein weiterer Grundsatz ist, die Leitung so anzulegen, dass das Wasser nicht wieder in den Boden versickern oder dass sie etwa nicht selbst zur Runsenbildung Anlass geben kann. Es muss daher bei Vorhandensein starken Gefälles auf eine entsprechende Versicherung der Sohle der Leitung Bedacht genommen werden.

Behufs Verhinderung des Versickerns der Wässer im Entwässerungsgraben selbst, was bei schwächerem Gefälle oder im Falle der Stauung innerhalb der Leitung immerhin möglich wäre, soll die Sohle entweder bis auf die wasserundurchlässige Schichte



Abbildung Nr. 65. Entwässerungsanlage in der „Gürbe", Schweiz.
Nach einer photographischen Aufnahme von Nicola in Bern.

gelegt, oder aber selbst wasserundurchlässig gemacht, so also am besten in Cement gelegt werden.

Die Leitungen, auf deren nähere Beschreibung an anderer Stelle zurückgekommen wird, werden in der Regel mit Stein gefüllt, die Verwendung von eigentlichen Drainröhren aus Thon,

Torf, Cement und Metall unterbleibt zumeist, zumal der Transport solcher Leitungen in das Innere der Bäche gewöhnlich mit Schwierigkeiten und erheblichen Kosten verbunden ist.

Die Füllung mit Stein hat oder kann den Nachteil haben, dass



Abbildung Nr. 66. Entwässerung einer Bruchfläche im Rivo Canali, Südtirol.

die Unterbrechung der Leitung im Falle der durch Bodenbewegungen hervorgerufenen Verschiebung des Entwässerungsgrabens leicht eintreten kann. In solchen Fällen ist die Füllung mit Holz, Flecht- und Faschinenmateriale vorzuziehen. Keinesfalls soll die Füllung so schwer sein, dass dadurch die Bewegungstendenz des Bodens gefördert werden könnte. Wie tief die Gräben in einzelnen Fällen anzulegen sind, hängt

von der Unterlagerungstiefe der wasserundurchlässigen oder jener Schichte ab, welche die Sickerwässer führt. Anhaltspunkt hiefür geben in manchen Fällen, wie in Abbildung Nr. 66 zu sehen, feuchte, dunkelgefärbte Streifen innerhalb des im Abbruche be-



Abbildung Nr. 67. Anlage eines Entwässerungsgrabens im Sinichbache bei Meran, Tirol.

findlichen Bodens. Mitunter kann es nötig fallen, bis in die Tiefe von 7—8 m und darüber zu gehen, wie das der Abbildung Nr. 67 zu entnehmen ist, welche den am oberen Rande der „Hoferlahn", Abbildung Nr. 7, Seite 36, gezogenen Entwässerungsgraben darstellt.

Die in den französischen Wildbächen durchgeführten Ent-

wässerungen sind zumeist oberflächlich und sehr verzweigt gehalten. Es wird hier nicht getrachtet, die undurchlässige Schichte zu erreichen, sondern vielmehr nur die oberflächlich in den Boden einsickernden Regen- und Schneewässer thunlichst zu sammeln und schnell nach der Richtung des grössten Gefälles abzuleiten, um eine die Rutschung veranlassende Durchtränkung der tieferen Schichten zu verhindern.

Bei längeren und tieferen Leitungen, dann dort wo eine Unterbrechung immerhin eintreten könnte und es mit Schwierigkeiten verbunden wäre, die Oertlichkeiten derselben zu erforschen und sie rasch zu beheben, kann es sich empfehlen, in gewissen Zwischenräumen, etwa von 30—50 m, gemauerte, mit je einer Deckplatte geschlossene Schächte, in Frankreich „regards" genannt, derart anzulegen, dass sie den Einblick auf die Sohle des Grabens gestatten. Auf diese Weise ist es möglich, wenigstens jene Strecke zu ermitteln, innerhalb welcher die Leitung unterbrochen ist. Solche „regards" werden in Frankreich auch gerne an den Verzweigungsstellen der 1—2 m tiefen, mit Stein gefüllten Sickerdohlen angeordnet.

Die Entwässerungsgräben, innerhalb des Bruchterrains untereinander vortheilhaft auch durch geradlinige oder bogenförmige Sickerrippen verbunden, leiten entweder in ein wasserführendes Rinnsal am Fusse der Bruchfläche, oder aber sie münden in schalenförmige oder sonst wie versicherte secundäre Rinnen des letzteren. Abbildung Nr. 98.

Der Entwässerungsgraben kann aber auch unter der Schale führen, in welchem Falle die letztere nur die Tagwässer, der erstere aber die Quell- oder Sickerwässer abzuführen hat. Wegen des grösseren Kostenaufwandes und der Gefahr der Beschädigung der Schale im Falle der Beschädigung der Leitung kann sich eine solche Anlage nur in ganz besonderen Fällen empfehlen und muss dann auch mit besonderer Sorgfalt durchgeführt werden.

Die Leitung ist unter allen Umständen in ihrem unteren Punkte zu stützen, daher an jenes Object, Querwerk oder Ueberschutzbau anzulehnen, welches das Bruchgebiet selbst, wie das in der Regel nothwendig fällt, vor weiterer Erosion oder Corrosion zu schützen hat.

Um die Art des Vorganges bei Entwässerungen besser zu veranschaulichen, folge zunächst die Beschreibung der Verbauung des „Klausenkofels" im Mölltale in Kärnten.

Diese von Forsttechnikern ausgeführte Verbauung ist überhaupt eine sehr lehrreiche.

Der vom sogenannten Grafenberge herabfließende, zwischen Gössnitz und Fragant in die Möll mündende Klausenkofel- oder



Abbildung Nr. 68. Entwässerung einer Bruchfläche im Uttendorferbache, Pinzgau, Salzburg.

Kreidebach, vor dem Jahre 1827 noch ein unscheinbares, harmloses Bächlein, zählte in den letzten Jahren zu den gefürchtetsten Wildbächen Kärntens. Als im Jahre 1826 die Katastralvermessung beendet wurde, war von der gegenwärtigen, 34 ha betragenden Bruchfläche noch keine Spur vorhanden, so dass die alten Katastral-

mappen nur den damaligen unversehrten Stand der Kulturgattungen enthalten. Nach diesen lagen gute Wiesen und guter Wald dort, wo gegenwärtig ein 150 m tiefer Abgrund gähnt. Der erste Einriss in dem durch unverständliche Waldnutzung sehr gelichteten Sammelgebiete, sowie die ersten Verschotterungen der an der Ausmündung des Kreidebaches im



Abbildung Nr. 69. Verbauungen im „Klausenkofel“. Möllthal, Kärnten.

Hauptthale gelegenen Kulturgründe, ereigneten sich im Jahr 1827 nach einem ungewöhnlich schneereichen Winter. Die Entwickelung dieses ursprünglich kleinen Anbruches dürfte in der ersten Zeit eine langsame gewesen sein, denn nach Aussage Ortskundiger war der Klausenkofel Mitte des vorigen Jahrhundertes eine Runse von 8—10 m Breite und 3—4 m Tiefe. Noch im Jahre 1859 hatte der Bruch kaum ein Drittel seiner gegenwärtigen Ausdehnung, so dass der damalige Sachsenburger Bürgermeister Rainer die Verbauung um 10 000 Kronen zu übernehmen geneigt war. Seit

jener Zeit aber entwickelte sich aus dieser Runse in dem aus Talkglimmer- stellenweise auch Cloritschiefer, vorherrschend aber aus Glacialschutt zusammengesetzten Boden ein gewaltiger, in dieser Mächtigkeit wohl selten vorkommender, muschelförmiger Ausriss von 1370 m Länge, 300—400 m Breite und 100—150 m Tiefe, wie er teilweise aus den Abbildungen Nr. 69 und 70 zu



Abbildung Nr. 70. Oberster Theil der Bruchfläche im Klausenkofel. Möllthal, Kärnthen.

entnehmen ist. Aus den von einem alten Wegmacher in Fragant über die Gießen am Klausenkofel-Schuttkegel geführten Aufschreibungen ist zu entnehmen, dass der Klausenkofel in den letzten Jahrzehnten jährlich an 50—80, ja in einem Jahre sogar an 111 Tagen Muren, die sich nicht selten an einem Tage wiederholten, in das Thal führte. Der Besitzer der an den Klausenkofelanbrüchen angrenzenden Grundstücke behauptet sogar, er habe einmal — das Datum könne er nicht angeben — in der Zeit von ungefähr einer Stunde das Abgehen von 21 Muren am Klausen-

kofel beobachtet. Diese Erscheinungen stehen im ursächlichen Zusammenhange mit dem außerordentlich großen Reichtum des Klausenkofel-Sammelgebietes an Quellen und an Sickerwässern, welche den auf den Schiefern mächtig aufgelagerten, der schützenden Vegetationsdecke entblößten, glacialen Schutt durchtränkt, in eine breiartige Masse aufgelöst und auf der steilen Lehne zum Abrutschen gebracht haben. Hätte man jedoch die ersten Anbrüche am Klausenkofel im Zustande des Entstehens verbaut oder hätte man Mitte des vorigen Jahrhundertes, als der Klausenkofel noch eine kleine Runse war, die Verbauung derselben in Angriff genommen und systematisch durchgeführt, so wären das Abrutschen von 34 ha Wald und Alpenwiesen im Sammelgebiete, die Bildung eines 16,5 ha umfassenden Schuttkegels im Thale, die in Folge dessen durch die Stauung der Möll verursachte Entstehung des sogenannten Gössnitzer Sees, Abbildung Nr. 4, Seite 25, I. Teil, dem 50 ha wertvoller Kulturgründe zum Opfer fielen, sowie die Verwüstung und Vermurung weiterer 60 ha Wiesengründe vom Schuttkegel flussabwärts bis Fragant verhindert worden; auch wären dem Staate und dem Lande jene großen Opfer an Geld erspart geblieben, welche die Verbauung dieses Wildbachgebietes in den letzten Jahren erforderte. Die fortschreitenden Verheerungen zwangen zur Schaffung der nötigen Abhilfe. Die gesamte Verbauung, welche im Jahre 1885 in Angriff genommen und im Jahre 1892 vollendet wurde, hat einen Aufwand von rund 200000 Kronen erfordert. Die Hauptaufgabe bestand in der Anlage einer weitverzweigten Entwässerung durch Herstellung von Sickerdohlen und Schalen, welche Anlage durch Querbauten, Thalsperren aus Stein und Holz, gestützt werden musste.

Verflechtungen und Aufforstungen haben zur endgiltigen Beruhigung des im Abbruche befindlichen Bodens geführt.

Ein anderes lehrreiches Objekt ist der Rohrleitengraben bei Weyregg am Attersee in Oberösterreich, Fig. 27.[194])

Der Rohrleitengraben ist ein die westliche Abdachung des Gahberges durchziehender Einschnitt, mündet zwischen Weyregg und Kammer in den Attersee und besitzt eine Länge von rund 1 km, bei 220 m oder durchschnittlich 22 Proc. Gefälle. Sein Ein-

194) „Die Verbauung des Rohrleitengrabens und des Murbruches am Gahberge bei Weyregg am Attersee"; von Georg Strele, Oesterr. Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst, Heft 37 vom Jahre 1901.

zugsgebiet umfaßt nur 31 ha, von welchem sich jedoch zur Zeit des Baubeginnes 9 ha, das ist mehr als ein Vierteil der Gesamt-

Fig. 27. Situation des Rohrleitengrabens und des Murbruches am Gahberge. Massstab 1:8000.

fläche, in Rutschung befanden, indem ein Erdkörper von 20 bis 140 m Breite in nahezu der ganzen Länge des Grabens auf einer glatten und durch Sickerwässer verseiften Gleitfläche in allmäh-

licher Bewegung begriffen war. Dieser Erdkörper besteht aus einem blaugrau bis schwärzlich gefärbten Thone, welcher in trockenem Zustande sehr fest und hart, und auch für Wasser völlig undurchlässig ist. Er besitzt jedoch die Eigenschaft, sich mit Wasser in bedeutendem Maße anzusaugen, wodurch er sich stark erweicht und eine besondere Neigung zur Bildung von Abrutschungen erhält.

Die seitlichen Rutschungsgrenzen waren durch Bodenrisse scharf markiert und stellenweise konnte beobachtet werden, dass die sich allmählich vorschiebenden Thonmassen schablonenartig profiliert erschienen, was auf die Einwirkung der an der Rutschgrenze befindlichen, aus dem festen Materiale hervorragenden Steine und Felsblöcke zurückgeführt werden konnte.

Dass die Mächtigkeit dieses in Bewegung befindlichen Erdkörpers wenigstens im unteren Teile eine sehr bedeutende sein musste, ergab sich schon aus dem Umstande, dass

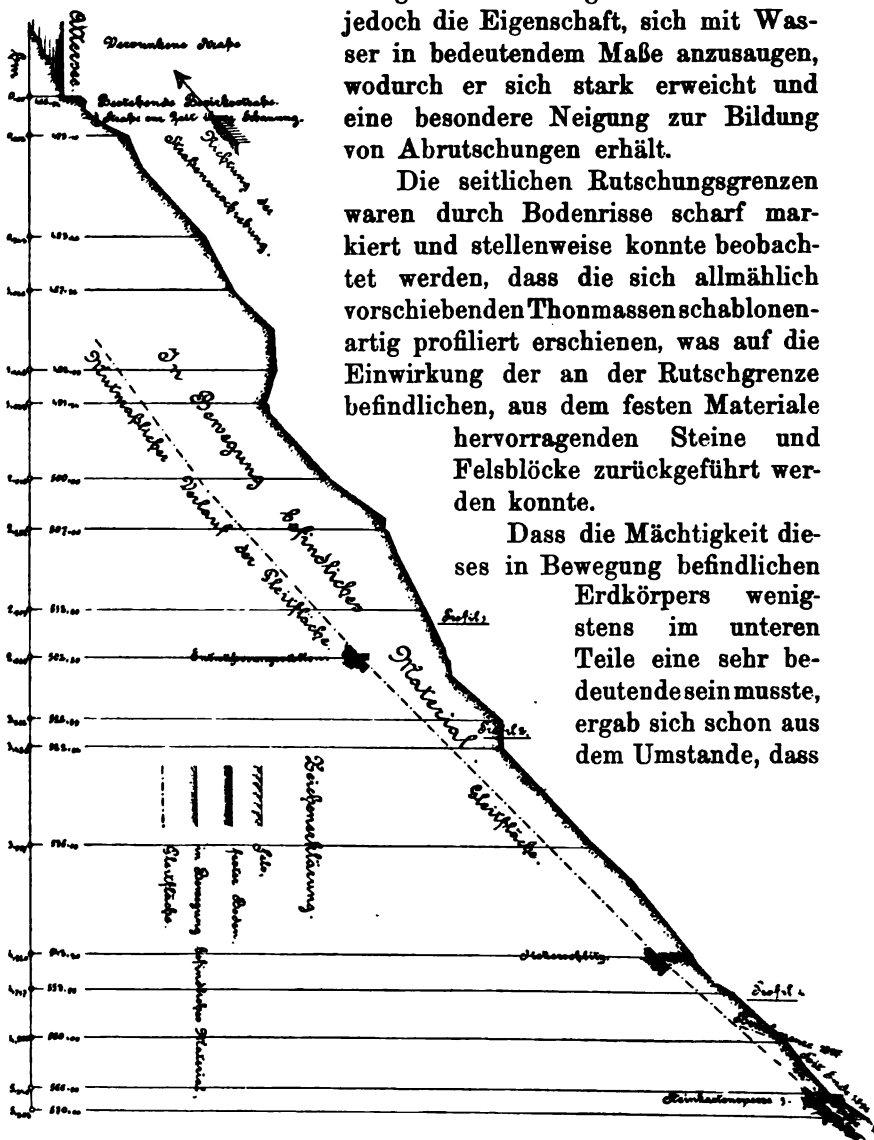


Fig. 28. Längenprofil des unteren Teiles der Rutschung im Rohrleitengraben. Längen 1:4000. Höhen 1:1000.

sich dort an der Bestockung der rutschenden Waldparzelle keinerlei Merkmale einer Bodenbewegung zeigten, und dass die dort stockenden, etwa hundertjährigen Buchen und Fichten vollständig senkrecht standen. Aus diesem Umstande ließ sich auch der Schluss ziehen, dass die Neigung der Gleitfläche eine ziemlich gleichmäßige, Fig. 28, sein müsse.

Längs der ganzen Lehne des Gahberges, von Weyregg bis Kammer, finden sich zahlreiche, teils größere, teils kleinere Rutschungen und die ganze Oberfläche des Terrains lässt erkennen, dass hier seit jeher Bodenbewegungen, die aber in neuerer Zeit und zwar nach oben hin zunehmen, stattgefunden haben.

Der Gahberg gehört in geognostischer Beziehung der Zone des Wiener Sandsteines an. Außer diesem Gesteine finden sich im Rohrleitengraben noch graue Mergelschichten und blaugrau- bis rotgefärbter Steintegel, welch' letzterer an der Luft rasch verwittert und zerfällt. Das Felsgerüst tritt jedoch nur an wenigen Stellen zu Tage. Im übrigen ist es meist mit einer ziemlich mächtigen Schichte von Thon und Lehm bedeckt, welche, wie oben erwähnt, zum großen Teile in Rutschung war.

Es wurde anlässlich der im Jahre 1896 durch Forsttechniker eingeleiteten Verbauung zunächst eine oberflächliche Austrocknung des Bodens angestrebt und getrachtet, diese letztere durch die Anlage seichter Abzugsgräben und durch die Ableitung der zahlreichen, eine Tiefe bis zu 3 m aufweisenden Wassertümpel zu erreichen. Sodann wurde, um die Wassermassen möglichst weit oben abzufangen und den Wasserzufluss in die unteren Teile der Rutschungen thunlichst abzuschneiden, an die Ausführung der Entwässerungsarbeiten in der obersten Grabenpartie geschritten.

Diese Arbeiten konnten jedoch, einerseits wegen der Wasserundurchlässigkeit des Bodens und der Eigenschaft des letzteren, das einmal aufgenommene Wasser lange festzuhalten und nur allmählich abzugeben, anderseits wegen des andauernden Regenreichtums des Sommers 1896, zunächst nur eine geringe Austrocknung des Bodens bewirken.

Die an mehreren Profilen ermittelten starken Bodenbewegungen, die bis 25 cm per Tag betrugen, erschwerten die Ausführung der Arbeiten ungemein und ließen es geboten erscheinen, ehemöglichst mit der Errichtung einer Thalsperre zu beginnen,

welche den Zweck hat, dem oberhalb befindlichen, rutschenden Erdkörper zur Stütze zu dienen und einen festen Fuß für denselben zu bilden.

Nach Vollendung dieser, den ganzen großen Materialdruck aufnehmenden Sperre, trat eine rasche Abnahme der Bodenbewegung ein.

Mittlerweile waren die Entwässerungsarbeiten, insbesondere im oberen Teile des Rohrleitengrabens, eifrig gefördert worden. Es wurden die Tag- und Sickerwässer mittelst eines reichverzweigten Netzes von Sickerschlitzen und offenen Gräben gesammelt, in eine größere Steinschale zusammengeleitet und durch letztere abgeführt. Diese Schale wurde, um sie vor Beschädigungen durch die Bodenbewegungen thunlichst zu schützen, womöglich außerhalb der Rutschung im festen Boden geführt und an den wenigen Stellen, wo ihr Einbau in das bewegliche Terrain nicht vermieden werden konnte, durch einen Holzrost verstärkt. Zur weiteren Stütze dieser Schale wurden mehrere gemauerte Grundschwellen und in ihrem oberen Teile eine ganz im Rutschterrain stehende, zweite Steinkastensperre erbaut.

Im unteren Teile der Rutschfläche wurde im Herbste eine größere Zahl von Sickerschlitzen und offenen Gräben behufs Verhinderung der neuerlichen Bildung von Wassertümpeln ausgeführt.

Im Frühjahre 1897 konnte durch wiederholte Beobachtungen ein vollkommener Stillstand der Bewegung festgestellt werden.

Das ganze System der Entwässerungsanlagen wirkt vollständig befriedigend und ermöglicht, wie das wiederholt beobachtet werden konnte, eine rasche Abfuhr der Niederschlagswässer und eine fortschreitende Austrocknung des ganzen Terrains. Es konnte mithin auf einen vollen Erfolg der ausgeführten Arbeiten umsomehr gerechnet werden, als trotz der außerordentlich niederschlagsreichen Witterung des Monates Mai 1897, welche das Entstehen eines neuen Murbruches am Gahberge, in unmittelbarer Nachbarschaft des Rohrleitengrabens, Fig. 27, zur Folge hatte, sich im Rutschgebiete des letzteren keinerlei Anzeichen einer Bodenbewegung einstellten.

Der vorerwähnte zweite Murbruch entstand nach mehrtägigem Regen- und Schneefalle am 20. Mai des genannten Jahres, indem sich aus einer steilen, mit Buchenaltholz gut bestockten Berglehne, welche sich vorher in vollkommener Ruhe

befunden hatte, eine umfangreiche Bodenpartie nach Art eines muschelförmigen Ausrisses loslöste und in die Tiefe wälzte. Die starken Buchenstämme wurden wie Zündhölzchen geknickt, der Wald an der unterhalb befindlichen Lehne von dem sich in zwei Arme teilenden Schuttstrome durchbrochen, die Wiesen auf dem Thalboden verschüttet und mehrere Häuser bedroht.

Die ganze Lage war so gefahrdrohend, dass die eheste Fortsetzung der Verbauung des Rohrleitengrabens und die Beruhigung des Murbruches äußerst dringend erschienen.

Noch im Spätherbste des Jahres 1897 wurde mit der Ausführung der weiteren Schutzbauten begonnen.



Fig. 29. Querschnitt des Entwässerungsstollens.

Aus der ganzen Bodenkonfiguration, wie sie sich im Längenprofile, Fig. 28, darstellt, sowie aus anderen Umständen war zu schließen, dass die Gleitfläche, auf welcher die Bodenbewegung stattfindet, in der unteren Partie des Rohrleitengrabens sehr tief unter der Oberfläche liegen müsse, so dass sie durch Abteufen

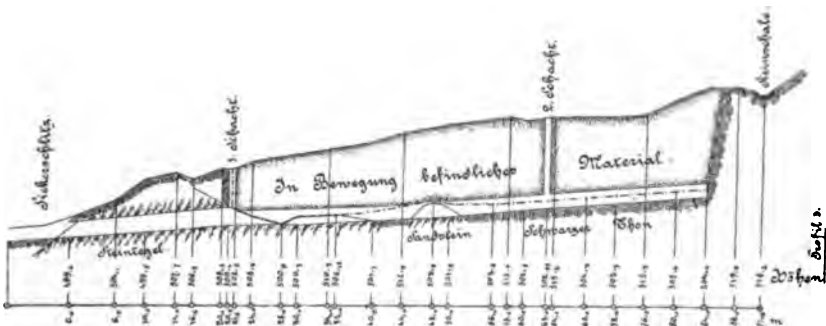


Fig. 30. Längenprofil des Entwässerungsstollens.

von Sickerschlitzen nur mit unverhältnismäßig hohen Kosten zu erreichen gewesen wäre. Aus diesem Grunde wurde als wichtigstes Objekt ein Entwässerungsstollen, Fig. 29 und 30, projektiert, welcher, der Gleitfläche folgend, die Aufgabe hat, sie zu durchschneiden, das auf ihr abfließende Wasser aufzufangen und abzuleiten.

Weiter wurde noch ein System von teils mehr, teils min tiefen Sickerschlitzen zu dem Zwecke hergestellt, um die in Bewegung befindliche Erdmasse selbst möglichst auszutrocknen und den Meteorwässern den Zutritt zur Gleitfläche zu erschweren.

Der vorerwähnte Stollen wurde im Februar 1898 in Angriff genommen. Er geht, 84 m lang, von einer seitwärts des Rohrleitengrabens gelegenen, ziemlich tiefen Mulde aus, welche von der Rutschung durch einen festen, felsigen Rücken getrennt ist, durch welchen der Stollen bis zur Gleitfläche vorgetrieben wurde.

Die Wasserentziehung im Stollen findet, weil das Material beinahe undurchlässig ist, nur tropfenweise, jedoch ununterbrochen

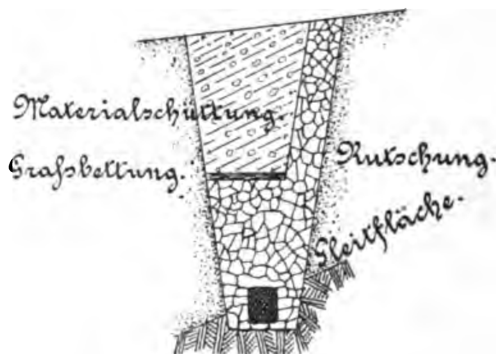


Fig. 31. Querschnitt des Hauptschlitzes.

und nach der ganzen Länge des Stollens statt, bewirkt aber doch ein vollständiges Abfangen des auf der Gleitfläche rieselnden Wassers, so dass der untere Teil dieser letzteren allmählich austrocknen muss.

Zur Untersuchung der über der Gleitfläche liegenden rutschenden Schichte und gleichzeitig zur Lieferung des Steinmateriales für den Stollen, wurde noch ein Schacht unter etwa 60 Proc. Neigung bis an den Tag emporgetrieben. Es wurde hiebei festgestellt, dass diese Schichte aus ziemlich gleichmäßigem Material, Thon, besteht, und dass keine zweite Gleitfläche oberhalb der durch den Stollen durchschnittenen vorhanden ist.

Außer dem Stollen wurden noch weitere Entwässerungsarbeiten zur Ausführung gebracht, und zwar ein 4 m tiefer Hauptschlitz, Fig. 31, welcher dem früheren, durch die Terrainbewegungen

verlegten Wasserlaufe des Rohrleitengrabens folgt und mehrere Saugarme, Fig. 27, besitzt, von denen einige bis an die seitliche Rutschungsgrenze vorgebaut wurden, ferner im nördlichen Teile der Rutschung ein Schlitz mit Seitengräben, welcher eine nahe der Grenze des festen Bodens befindliche, versumpfte Bodenpartie entwässert und die gesammelten Sickerwässer durch die mit

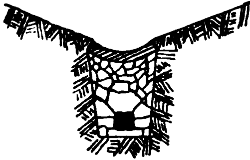


Fig. 32. Sickerschlitz mit Schale.

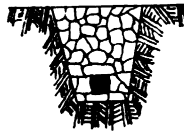


Fig. 33. Sickerschlitz.

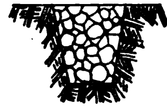


Fig. 34. Sickerschlitz.

einer geschlossenen, gut gedichteten Holzrinne ausgekleidete Dohle über die Rutschungsgrenze hinüber ableitet, endlich ein gleichfalls 4 m tiefer Schlitz thalseits der mehr genannten Thalsperre, welcher bis auf die Gleitfläche hinabreicht, diese durchschneidet, das auf ihr fließende Wasser auffängt und in die Schale des Rohrleitengrabens einleitet. Querschnitt und Längenprofil der Saugarme sind den Fig. 32, 33, 34 u. 35 zu entnehmen.

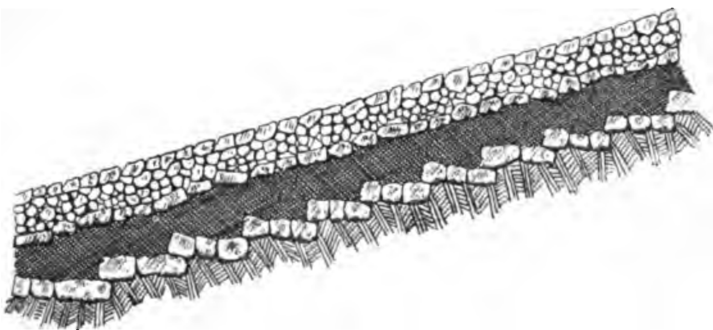


Fig. 35. Sickerschlitz im Längsschnitt.

Außerdem wurden noch verschiedene kleinere Arbeiten ausgeführt, insbesondere alle Bodenrisse sorgfältig geschlossen und verschlagen, um ein Eindringen des Meteorwassers in den Boden hintanzuhalten u. dgl. m.

Diese gesamten Arbeiten bewirkten eine allmählich fortschreitende Abnahme der Rutschbewegung.

Etwa Mitte September 1898 trat ein gänzlicher Stillstand der Bewegung ein, welcher seither nicht mehr unterbrochen wurde. Selbst die lange andauernden, heftigen Niederschläge, die im September 1899 den Eintritt der großen Hochwasser-Katastrophe in Oberösterreich verursachten, gelangten hier unschädlich zum Abflusse und waren nicht im Stande, den Wiedereintritt einer Bodenbewegung zu bewirken.

Im Murbruche des Gahberges wurden die Verbauungsarbeiten im Jahre 1898 durchgeführt, nachdem vom Waldbesitzer schon vorher das hochstämmige Holz aus dem Rutschterrain entfernt worden war. Die Arbeiten, welche gleichfalls in der Errichtung von Entwässerungsanlagen bestehen, hatten von vornherein nicht die Aufgabe, eine vollständige Verbauung dieses Gebietes herbeizuführen, sondern zunächst nur das Abgehen von neuen, größeren Muren zu verhindern und eine Festigung des Bodens vorzubereiten, wogegen die Vervollständigung der Verbauung später erfolgen sollte, nachdem sich der Erfolg der vorbesprochenen Maßnahmen gezeigt haben würde.

Seit der Vollendung der Arbeiten ist das ganze Rutschgebiet im Rohrleitengraben und am Gahberge, soweit dies festgestellt werden kann, gut ausgetrocknet, die Entwässerungsanlagen wirken durchweg sehr gut und auf den früheren kahlen Flächen hat sich eine immer dichter werdende Vegetationsdecke eingestellt.

Ein weiteres Beispiel einer durchgeführten Lehnenentwässerung bietet die Verbauung der Hoferlahn im Sinichbache bei Meran in Tirol. Zwischen Untermais und Burgstall nimmt die Etsch den vom Haflinger Plateau kommenden, in Kascaden in das Hauptthal einfallenden Sinichbach auf. Im Niederschlagsgebiete desselben befindet sich und zwar bei Hafling, die sog. „Hoferlahn“, ein gewaltiger Lehnenbruch, dessen Ursache in der Corrosion des Fußes und in der Thätigkeit der Sickerwässer zu suchen war. Die durchgeführten Maßnahmen bestanden, wie das der Abbildung No. 7, Seite 36, entnommen werden kann, in der Sicherung der Lehnenfüße durch Herstellung eines vor Unterwaschung durch Grundschwellen geschützten Uferdeckwerkes in Steinkastenform, und in der Ableitung des Sickerwassers durch einen am oberen Bruchrande in festes Terrain gelegten Entwässerungsstollen, Abbildung Nr. 67, Seite 173, durch welchen diese Wässer schadlos in ein am linken Bruchrande, Abbildung Nr. 7, Seite 36, gelegenes, durch eine gemauerte Schale versichertes

Rinnsal abgeleitet werden. Der Entwässerungsstollen hat eine Maximaltiefe von 7 m, ist geschlossen und hat an der Sohle einen cementierten Abflusskanal.

Andere Beispiele und zwar von in den französischen Alpen ausgeführten Entwässerungen, finden sich in den an anderer Stelle bezogenen Veröffentlichungen von Demontzey[35]) und von Kuss[36]). Sie betreffen die Verbauung des Wildbaches von Saint-Martin-Laporte und jenes bei Sécheron (Savoie), dann des Wildbaches von Riouchanal (Basses Alpes) u. a. m.

Vorkehrungen gegen Murbrüche.

Als Vorkehrungen gegen Murbrüche sind strenge genommen alle jene Maßnahmen anzusehen, welche die Geschiebeführung überhaupt zu verhindern oder zu vermindern geeignet sind und in den vorhergehenden Kapiteln beschrieben wurden. Als Beispiel sei der auf Seite 64, I. Teil, genannte Murbruch im Karmelitergraben, Abbildung Nr. 18, I. Teil, gewählt, dessen Beruhigung, bei gleichzeitiger Verhinderung seiner mächtigeren Entwickelung im Inneren des Grabens, durch die Herstellung einer Reihe von Querwerken, von welchen sich das unterste nach Abbildung Nr. 71 im Bau befand, zu erzielen gesucht wurde.

Dort jedoch, wo solche Vorkehrungen, sei es der örtlichen Verhältnisse, sei es der Unzulänglichkeit der Mittel halber, in unzureichendem Maße oder vielleicht gar nicht getroffen werden können, kann es doch ratsam oder notwendig sein, sich gegen stattfindende oder zu erwartende Murgänge auf andere Weise zu schützen. Die diesbezüglichen Maßnahmen können mancherlei Art sein.

Wildbäche mit langanhaltenden Mittel- oder bedeutenden Niederwässern können vielleicht unerwartet eingetretene Murgänge nach und nach abführen. Die Gefahr des Liegenbleibens der Murmasse und nachfolgender Bachausbrüche ist eine geringe.

Bei solchen Wildbächen ist es daher ratsam, das Material dort zu sammeln, wo ein Ausbruch nicht schaden, oder gar nicht eintreten kann. Um leicht bewegliche Murgänge an bestimmten Orten zurückzuhalten, hat Scipion Gras seine Labyrinthe vorgeschlagen.

Es sollen das Thalsperren *AB* sein, Fig. 36, die höher angelegt sind, als die höchsten Wasserstände reichen und eine größere Dohle, Abflussöffnung, in der Mitte aufweisen. Vor jeder Dohle befindet

sich ein Mauerstock *M* von zumeist dreiecksförmigem Grundrisse, vor welchem sich die Strömung in zwei Teile teilt. Die Dohlen sind so groß, dass bei Mittelwasser kein Rückstau stattfindet, wohl aber bei Hochwasser. Die mit dem Rückstaue bei Hoch-



Abbildung Nr. 71. Verbauungen im Karmelitergraben. Draugebiet, Tirol.

wasser verbundene Verminderung der Geschwindigkeit hat Geschiebeablagerung zur Folge. Bei Mittelwasser werden die abgelagerten Sinkstoffe allmählich wieder fortgeführt.

Scipion Gras hat diese Labyrinthe im Zusammenhange mit Schalenbauten zur Anwendung in Antrag gebracht.

Mitunter kann schon eine einzelne Thalsperre, deren Dohle

für Mittelwässer hinreicht, für Hochwässer und Murgänge aber zu klein ist, die letzteren zurückhalten. Die dann folgenden Mittelwässer können das Murmaterial vielleicht nach und nach abführen. Ein solches Objekt gelangte in den 1880iger Jahren im Erlbache, im Drauthale Tirols, zur Herstellung und hat sich bisher gut bewährt. Bei gleichzeitiger Bedachtnahme auf zeitweise Räumungsarbeiten, kann sich ein solches Objekt für Murgänge stets aufnahmsfähig erhalten.

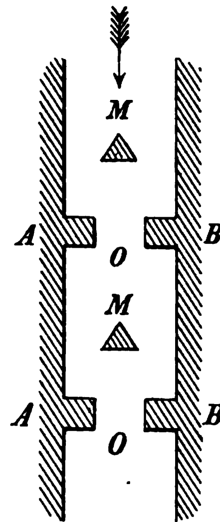


Fig. 36. Labyrinthe nach Scipion Gras.

Auch die sog. Kammern von Venetz sollen die Murmassen plötzlich zur Ablagerung bringen. Sie bestehen in einer Erweiterung des Gerinnes, Fig. 37, innerhalb welcher der Murgang zur Ruhe kommen soll. Eine derartige Anlage findet sich nach Pestalozzi [181]) im Wildbache „Baie de Clarens“, welcher in den Genfer See mündet und über Anordnung des Walliser Ingenieurs Venetz angelegt wurde. Solche Kammern stehen oft mit schalenförmigen Regulierungsbauten im Zusammenhange. Um sie von Zeit zu Zeit von Geschiebe thunlichst frei zu machen, wird man genötigt sein, das zumeist im untersten Teile gelagerte grobe Material zu räumen.

Gegen Murgänge können dem gefährdeten Thalboden auch Ablagerungsplätze Schutz gewähren.

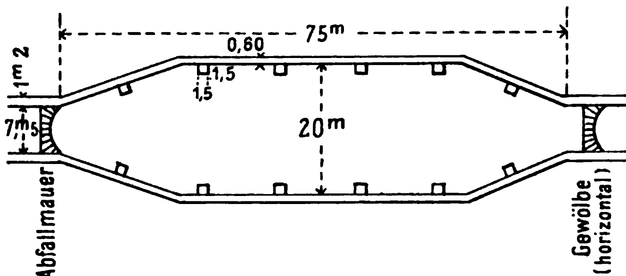


Fig. 37. Kammern von Venetz.

Ein zweckmäßiger Ablagerungsplatz kann ein See sein, in

welchen der Bach einzuleiten ist. Das Retentionsvermögen solcher Seen ist deshalb zu studieren.*)

Trifft jedoch diese Voraussetzung nicht zu und ist es ohne unverhältnismäßig hohe Kosten, oder vielleicht der obwaltenden einflussnehmenden Verhältnisse wegen nicht möglich, durch ausreichende Verbauung im Thalinneren die Geschiebeführung in genügender Weise zu vermindern, so kann zur Herstellung von künstlichen Ablagerungsplätzen, „places de dépôt", in der Schweiz auch „Kiessammler" genannt, geschritten werden.

Dies namentlich dann, wenn zwischen dem Berggehänge, von welchem der Wildbach herabkommt und dem Recipienten eine breite flache Thalebene liegt, geeignet zur Ausbreitung des Geschiebes innerhalb gewisser, durch die örtlichen Verhältnisse gegebener Grenzen. Solche Plätze sind, sei es durch Umfassungsmauern, sei es durch an der Innenseite gepflasterte Erddämme gebildet, innerhalb welcher sich das Geschiebe auszubreiten vermag. Bei größerer Fläche des Ablagerungsplatzes kann die Umfassung vorerst nieder gehalten werden. Reicht der Schuttkegel, der vielleicht zum Ablagerungsplatz auszunützen ist, bis zum Flusse hinab, so dass seine Ausbreitung nicht erwünscht, dagegen seine Erhöhung angezeigt ist, so muss die Umfassung von vornherein höher gehalten werden. Nach Maßgabe der Anfüllung des Ablagerungsplatzes ist in allen Fällen die Umfassung zu erhöhen.

Ist die Fläche des Ablagerungsplatzes sumpfig, so wirkt der letztere auch überdies noch durch Erhöhung des Bodens auf dessen Kulturfähigkeit günstig ein. Lassen es, was allerdings selten der Fall ist, die Verhältnisse zu, so kann der Ablagerungsplatz gewechselt und so nach und nach das Niveau zwischen Hang und Fluss erhöht und kulturfähiger Boden in größerer Fläche gewonnen werden, vorausgesetzt, dass das vom Wildbache geführte Geschiebe kulturfähig ist.

Wenn sich die Wildbachsohle in gefahrdrohender Weise über das anliegende Land erhebt und wenn es die Verhältnisse zulassen, so kann es angezeigt sein, den Bach vollständig abzuleiten und ihm einen geeigneten, unschädlichen Ablagerungsplatz anzuweisen.

Derartige Ablagerungplätze, wie solche in den Abbildungen

*) Die Seen des österr. Salzkammergutes, mit einer Wasserfläche von 124 km^2, könnten bei einer Ueberstauung der Seefläche um 1 m eine Wassermenge von 124 Mill. m^3 zurückhalten.

Nr. 72 u. 73 zu sehen sind, wurden nicht selten in der Schweiz errichtet. So kamen anlässlich der Durchführung der bekannten Linthkorrektion, im Kanton Glarus, über welche bereits viele eingehende Berichte vorliegen[195, 196]), wo es nötig war, an den geschiebeführenden Seitenbächen von Mollis abwärts, besondere Ablagerungsplätze zur Herstellung.



Abbildung Nr. 72. Kiessammler im Schlierenbache. Inner-Wäggithal, Schweiz.

Der Ablagerungsplatz bei Mollis hat eine Länge von 120 m, eine Breite von 45 m, und ist von 6 m hohen Dämmen, die innen gepflastert sind, eingeschlossen. Am unteren Ende fließt das Wasser über eine thalsperrenartige Mauer in den Recipienten ab. Vor dieser Mauer stehen mehrere Flechtzaunreihen, welche das Geschiebe noch besser zurückhalten sollen.

195) „Handbuch der Wasserbaukunst"; von G. Hagen.

196) „Hydrotechnische Mitteilungen über Linthcorrection u. s. w."; von G. H. Legler, Glarus, 1868.

Ein größerer Ablagerungsplatz in Oesterreich wurde an der Falschauer, bei Lana in Tirol, errichtet.

Innerhalb des Ablagerungsplatzes können, wie das Thiéry beschreibt, kleine Dämme von der Höhe der Umfassung senkrecht zum Stromstrich zu dem Zwecke errichtet werden, damit sich das Geschiebe mehr in horizontaler Richtung auszubreiten vermag.

Für die entsprechende Einleitung des Wildbaches in den



Abbildung Nr. 73. **Unteres Ende des Kiessammlers an der Gürbe. Schweiz.**

Ablagerungsplatz muss vorgesorgt sein, was gewöhnlich durch Herstellung eines Querwerkes, an welches sich die Umfassung anschließt, erreicht wird.

Ablagerungsplätze können übrigens auch im Inneren der Wildbäche nach Art der Kammern von Venetz oder allein schon durch Errichtung von Thalsperren geschaffen werden.

Um Murgänge ungefährlich abzuleiten, oder um überhaupt gefährdete Oertlichkeiten vor der Gewalt des Wildbaches zu schützen, kann es zweckdienlich sein, den letzteren mit Hilfe

von Galerien über die ersteren zu leiten, wie das im Gebirge zur Sicherung von Eisenbahn- und Straßenanlagen nicht selten anzutreffen ist. Es sind das Kunstbauten, deren Besprechung nicht in den Rahmen dieses Buches fällt.

Auch kann es wünschenswert sein, den Bach in durch die natürlichen Verhältnisse gegebener Weise von der gefährdeten Oertlichkeit abzuleiten. In dieser Richtung bietet die durch Forsttechniker bewirkte Verbauung des Trogbaches bei Mauterndorf im Lungau, Salzburg, Fig. 38 und 39, ein gutes Beispiel.

Der Trogbach, mit einem der Triasformation angehörenden Niederschlagsgebiete von 420 ha, besitzt auf etwa 200 m Länge in seinem Abzugskanale beiderseitige, durch Quellen stark durchnässte Anbrüche, welche als die Material-Erzeugungsstätten anzusehen sind. Seine Geschiebeabfuhr aus dem Sammelgebiete ist allerdings keine besondere, dagegen lieferte sein Gerinne im oberen Teile des Entleerungsgebietes, infolge des Durchschnittsgefälles von 17.1 Proc. und des geringen Durchflussprofiles, ansehnliche Schottermengen, welche den Bachlauf nach abwärts derart aufdämmten, dass die zum Schutze der benachbarten Kulturgründe errichteten Holzwände nach und nach eine Höhe von 4 m erreichten. Durch den Markt Mauterndorf fehlte jedes Bachbett und floss das Wasser vielfach neben der Straße in einem unscheinbaren Graben ab.

Dieser gänzlich unzureichende Kanal genügte nicht einmal für den Abfluss kleiner Niederschläge und da eine Erweiterung des Durchflussprofiles im Markte nicht möglich war, so hing der Erfolg der Arbeiten zur Unschädlichmachung des Wildbaches in erster Linie von der Lösung der Frage ab, auf welche Weise jede Wasser- und Geschiebemenge ungefährlich für Mauterndorf abgeleitet werden könnte.

Von vier, bei der Projektierung in Erwägung gezogenen Bachtracen wurde in technischer und finanzieller Hinsicht jene als die günstigste gewählt, welche so ziemlich den bestehenden Wasserlauf am Schuttkegel ober Mauterndorf beibehält, dann aber den nordwestlich von Mauterndorf sich an der Taurach am rechten Ufer hinziehenden, niedrigen, aus festgewachsenem Kalkstein bestehenden Rücken in ziemlich gerader Linie mittelst eines 206.41 m langen, eine Querschnittsfläche von 2.78 m^2 aufweisenden Stollens im Gefälle von 6.84 Proc. durchbricht und oberhalb

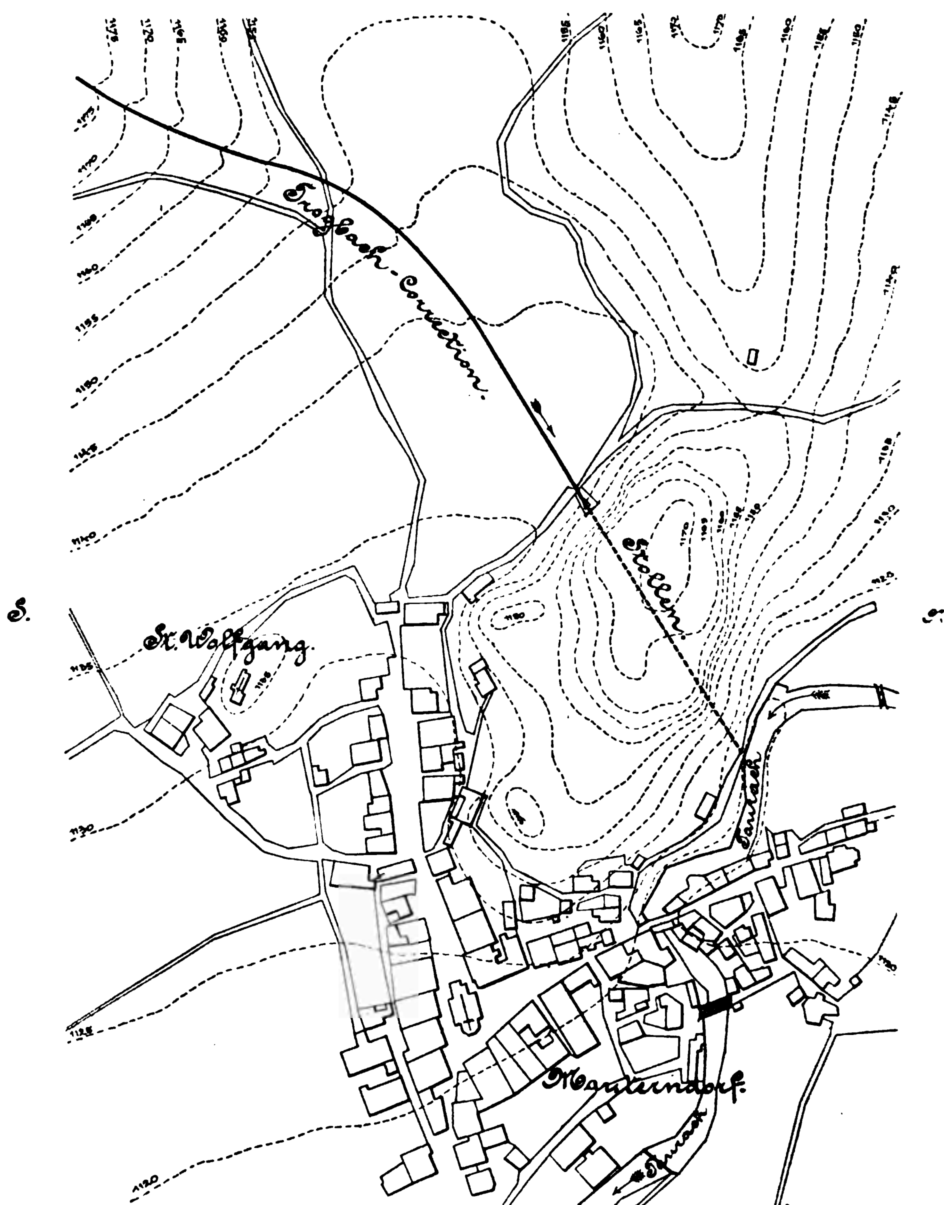


Fig. 38. Trogbach-Verbauung. Stollenbau, Maßstab 1:5000.

Mauterndorf in die Taurach, 6 m über deren Mittelwasserstand, einmündet.

Diese Stollentrace bot im Hinblick auf den gegebenen Charakter des Wildbaches umsoweniger Bedenken, als Verklausungen und Verstopfungen des Stollens bei Durchführung der projektierten Verbauungsarbeiten im Niederschlagsgebiete und bei Schaffung eines gesicherten Bachlaufes am Schuttkegel, ausgeschlossen erschienen.

Ueberdies bot das scharfe Gefälle und das große Durchflussprofil des Stollens mit glatten Wänden, hinreichende Sicherheit für die ungehinderte Abfuhr der Hochwässer.

In abweichender Weise wurde die Gefährlichkeit des Laserbaches bei Kötschach, im Gailthale Kärntens, vermindert.

Der Laser Wildbach war vor seiner Verbauung der Schrecken der Bewohner von Kötschach im oberen Gailthale. In die schöne Ortskirche, welche, wie aus alten Aufzeichnungen zu schließen,

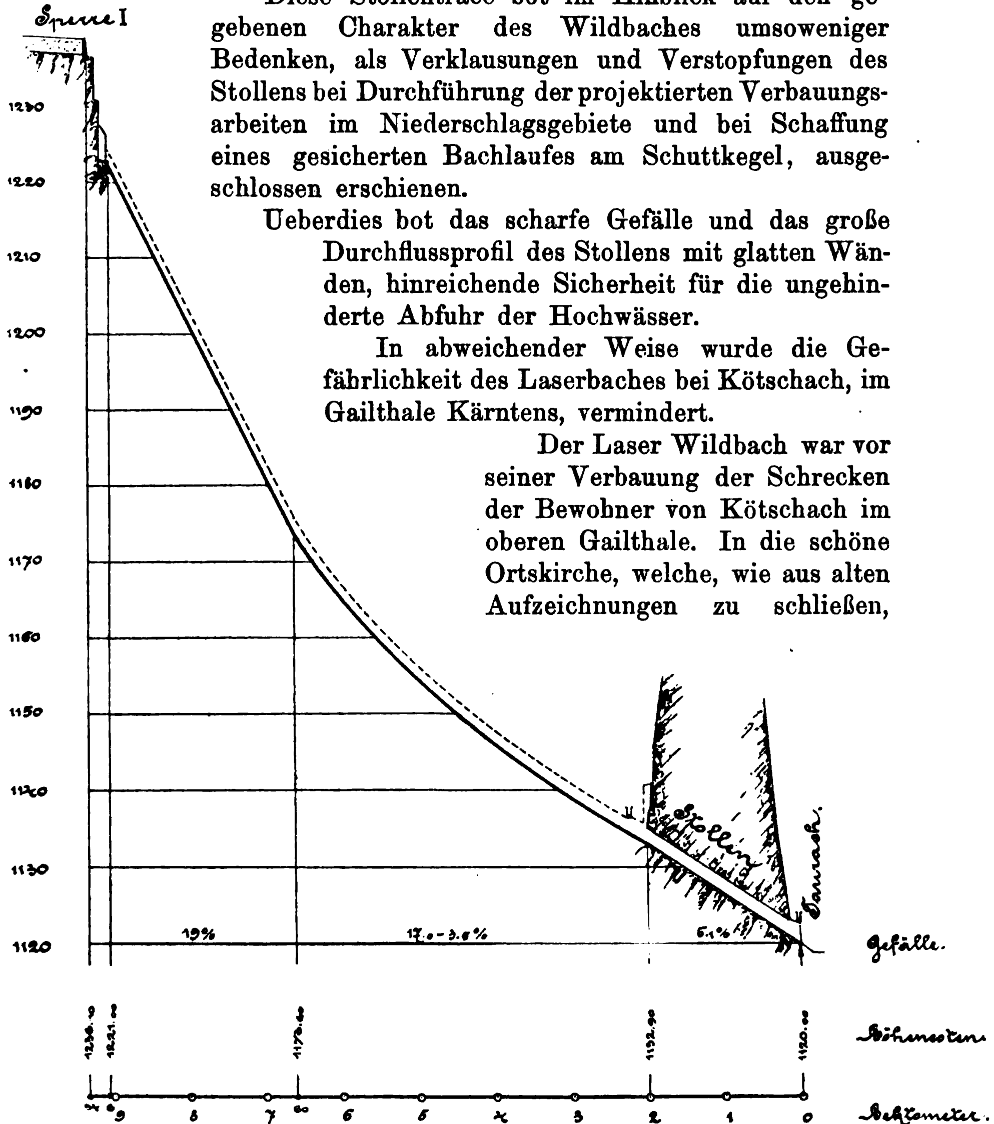


Fig. 39. Längenprofil der Bachlaufcorrection im Unterlaufe des Trogbaches. Maßstab: Längen 1:10,000, Höhen 1:1000.

früher auf einer kleinen Anhöhe stand, führen derzeit fünf Stufen hinab. Zahlreiche Gebäude des Ortes erscheinen bis zur Höhe eines Stockwerkes eingeschottert. Ein heftiges Gewitter im Niederschlagsgebiete genügte, um oft ganz plötzlich gewaltige Geschiebemassen in Bewegung zu setzen und die Straßen der Ortschaft mit meterhohen Wasser-, Schutt- und Schlammmassen zu bedecken.

Ganz eigentümliche Verhältnisse waren es hier, die dem Bache den so sehr gefährlichen Charakter verliehen. Oberhalb der Ortschaft Kötschach zweigt sich von dem Laser Bach der Lammerbach ab, der dem wasserreichen, aber geschiebearmen Laser Bache die Schuttmassen lieferte. Ohne die Wasserkraft des Laser Baches hätte der Lammerbach nicht vermocht, seine Geschiebe bis zur Ortschaft Kötschach zu fördern und dort abzulagern, und ohne den reichlichen Detritus des Lammerbaches wäre dem Laser Bache bei weitem nicht jene Gefährlichkeit beizumessen gewesen.

Diesen eigentümlichen Verhältnissen Rechnung tragend, zerfiel das Verbauungswerk in zwei Hauptarbeiten, und zwar in die Verbauung des geschiebeführenden Lammerbaches sammt der „Roten Riebe“, einem seiner Nebenflüsse, und in die Umlegung der Trace des Laser Baches. Diese letztere bildete mit Rücksicht auf das große Niederschlagsgebiet des stark wasserführenden Wildbaches den wichtigeren Teil der Verbauung. Zu diesem Zwecke wurde der Laser Bach vor dessen Vereinigung mit dem Lammerbache und zwar an der Stelle, wo er mit den Geschiebemassen des Lammerbaches noch nicht in Berührung kam, in der Weise abgeleitet, dass er heute, weit abzweigend von seinem früheren Laufe, in einem zu diesem Zwecke hergestellten Kanale und frei von den Geschieben des Lammerbaches in den Gailfluss fließt. Der verbaute Lammerbach lagert das allenfalls noch herabkommende Geschiebe gefahrlos für die Ortschaft Kötschach auf seinem Schuttkegel ab.

Murmassen, die ganze Thalböden umfassen, dabei schwer beweglich sind, wie jene im Ferschbache, Abbildung Nr. 19, I. Teil, Seite 68, werden vorteilhaft vorerst hinsichtlich ihrer Ursprünglichkeit zu untersuchen sein. Eine langsame, zielbewusste Entwässerung, wie sie im obigen Falle in Anwendung kam, kann mit geringen Mitteln zum Erfolge führen, d. h. der Weiterbewegung der Murmasse ein Ziel setzen. Alle Entwässerungsanlagen sind in solchen Fällen mehr oberflächlich zu führen, denn jedes tiefere Einschneiden in die Murmasse kann gefährlich werden. Da dem oft ungemein gewaltigen Drucke die stärkste

Entwässerungsanlage nicht Widerstand leisten könnte, werden Wasserableitungen in hölzernen, leicht wieder in Stand zu setzenden Gerinnen zweckdienlich sein. Erst dann, wenn in die Masse Ruhe gekommen ist, kann auf deren weitere, entsprechende Sicherung Bedacht genommen werden, doch wird in vielen Fällen zu einer solchen überhaupt nicht mehr geschritten werden müssen.

Strenge genommen nicht hieher gehörig, doch zum Schlusse der Besprechung der baulichen Vorkehrungen erwähnenswert, ist die Errichtung von Stauweihern, Reservoiren, behufs Verzögerung des Wasserabflusses und Milderung der Ueberschwemmungsgefahr.

Die in der Regel hohen Gefällswerte der Hochgebirgsbäche, der Mangel an geeigneten Sammelbecken, noch viel mehr aber die große Geschiebeführung, welche rasch zur Verlandung der Stauweiher führen müsste, lassen in solchen Bächen derartige Maßnahmen nicht oder höchst selten durchführbar erscheinen.

In den Bächen der Berg- und Hügelländer können die Bedingungen für die Zweckmäßigkeit solcher Anlagen eher zutreffen. Immerhin werden sie dann vernehmlich anderen Zwecken, so der Bewässerung von Ländereien, Wasseransammlung zu Trink- und Nutzwasserleitungen, zu Schiffahrtszwecken, für Kraftanlagen und dergleichen mehr dienen. Unter allen Umständen fällt diese Art der Kunstbauten außerhalb des Rahmens der eigentlichen Wildbachverbauung.

Ueber Zweck, Vor- und Nachteile solcher Objekte geben die in den Fußnoten [197], [198], [199], [200], [201], [202]) angeführten Abhandlungen und viele andere, Aufschluss.

---

197) „Ueber die Wasserverhältnisse im Gebirge, deren Verbesserung und wirtschaftliche Ausnützung"; von O. Intze. Hannover 1899.

198) „Bericht über die Wasserverhältnisse der Gebirgsflüsse Schlesiens im Bober- und Queissgebiete sowie im Gebiete der Glatzer Neisse und deren Verbesserung zur Ausnutzung der Wasserkräfte sowie zur Verminderung der Hochwasserschäden durch Anlage von Sammelbecken"; von O. Intze. Berlin 1899.

199) „Betrachtungen über Ursachen und Wirkungen der Hochwässer und Vorschläge für deren Einschränkungen"; von K. A. Rossmy. Eger 1893.

200) „Ueber die Notwendigkeit der Einbeziehung von Thalsperren in die Wasserwirtschaft, die Bildung von Genossenschaften für derartige Anlagen"; von P. Ziegler, Zeitschrift für Gewässerkunde, 1. Heft, 1901.

201) „Der Thalsperrenbau und die Deutsche Wasserwirtschaft", von E. Mattern, Berlin 1902.

202) „Die Wirkungen von Sammelbecken (Thalsperren) als Glieder wasserwirtschaftlicher Massnahmen, hauptsächlich für Forst- u. Landwirtschaft"; von Dr. Schreiber. Dresden 1092.

Als ein weiteres Mittel gegen Hochwassergefahren wird von mancher Seite das Terrassieren der Berghänge zu dem Zwecke empfohlen, um das Material, Verwitterungsprodukt, auf den Terrassen besser festhalten zu können. Für die Maximalbreite der Terrassen werden 10 m angegeben, weil eine größere Breite die Erdarbeiten verteuern würde. Die schon vorhandenen natürlichen Terrassen wären, um sie für die Wasserzurückhaltung brauchbar zu machen, an der Bergseite mit einem Graben zu versehen, der groß genug sein müsste, um das von der darüberliegenden Terrasse abfließende Wasser vollständig aufzunehmen, gegebenen Falles müssten sie gänzlich in technisch richtiger Weise umgeformt werden.

Zurückhaltung des Niederschlages, Durchfeuchtung trockener Bergböden und leichtere Kultivierung derselben, erschwertes Abschwemmen fruchtbarer Bodenkrumme u. a. m. wären die Vorteile solcher Anlagen.

Unzweifelhaft können dieselben jedoch nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen und in räumlich sehr beschränkter Ausdehnung zur Herstellung gelangen.

VII.

Die kulturellen und wirtschaftlichen Vorkehrungen.

Die Besprechung obgenannter Vorkehrungen soll von zwei Gesichtspunkten aus erfolgen und zwar in erster Linie im Hinblick auf die zumeist mit den baulichen Vorkehrungen im innigen Zusammenhange stehende Berasung und Aufforstung des kahlen, im Abbruche befindlichen Bodens, und in zweiter Linie mit Bezug auf alle jene Maßnahmen kultureller und wirtschaftlicher Natur, welche überhaupt zur Sicherung des noch nicht im Abbruche befindlichen Bodens, sowie im Interesse der Regelung der Abflussverhältnisse geboten erscheinen.

Die Berasung.

Im Sinne des Vorstehenden kann es sich hier nur um die Beruhigung des Bruchterrains oder allenfalls der Schuttkegel durch Berasung handeln. Hiebei wird vorausgesetzt, dass die der Berasung zu unterziehende kahle Fläche, wie das ja zumeist nötig fällt, durch die im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Arbeiten in entsprechender Weise vor weiterem Abbruche geschützt wurde, und dass das unter gewissen Verhältnissen, namentlich bei kleinen Bruchflächen geübte, übrigens an anderer Stelle besprochene Belegen mit Rasenplaggen nicht geplant wird.

Wurde die Lehne vorher verflochten, so ist ein weiteres Ebnen, Planieren des Bodens, überflüssig. Im Gegenfalle kann dasselbe oft notwendig sein, oder es soll doch wenigstens durch Entfernen großer Steine das Entstehen neuer Verwundungen verhütet werden. Steile, überhängende Böschungen sind jedenfalls auszugleichen.

Uebrigens ist, insbesondere im Hochgebirge, ein diesbezügliches, allzuängstliches Verfahren nicht am Platze, denn unter Voraus-

setzung halbwegs empfänglichen Bodens und entsprechender Ruhe, wird sich die Rasendecke bald von selbst, sicherlich aber schon bei einiger Nachhilfe rasch einstellen, letzteres besonders dann, wenn sich in der Nähe, wie das ja oft der Fall ist, ausgedehnte Wiesenflächen vorfinden. Was die mit der Berasung im unmittelbaren Zusammenhang stehenden Vorarbeiten anbelangt, so genügt es in der Regel, die betreffende Fläche mit einer Handhaue aufzulockern und zu besäen. Dabei ist die Vorsicht zu beachten, dass einzelne, vielleicht noch oder schon vorhandene Grasbüsche, besonders vom Alpenrispengras, Poa alpina, und Bergreitgras, Calamagrostis montana, stehen bleiben. Auf Poa alpina kann allerdings nur in der Krummholzregion reflektiert werden; dagegen eignet sich Calamagrostis montana im hohen Grade zur Befestigung des Bodens an Abhängen innerhalb der Fichtenregion (800—1400 m).

Nach Erfahrung Hofrat R. v. Weinzierl's [203, 204]), ist es ratsam, den als erste Besiedelungspflanze auf Rutschflächen charakteristischen, allerdings nur auf einem lehmigen, nicht durchlässigen Boden aushaltenden Huflattich, Tussilago farfara, in höheren Lagen den Alpenlattich, Adenostyles albifrons, und besonders den Alpendrüsengriffel, Adenostyles alpina, wegen der bodenbefestigenden unterirdischen Kriechtriebe, Ausläufer, möglichst zu schonen. Der erstere ist weniger lebenskräftig, und weniger vermehrungsfähig als der letztere, welcher wieder nur für Höhen über 1200 m auf Steinhalden in nordseitiger Lage, wo sich bereits Rhododendron und Krummholz zeigen, zu verwenden wäre.

Durch Schonung solcher und anderer Gewächse wird nicht allein den Standortsansprüchen Rechnung getragen und das Verfilzen des Bodens begünstiget, sondern es wird auch noch möglich, in der Samenmischung mehr die guten Futtergräser, welche weniger bodenbindend wirken, zu berücksichtigen. Bei den in Rede stehenden Arbeiten handelt es sich naturgemäß in erster Linie darum, durch Auswahl und Begünstigung bodenbindender Gewächse den Boden so rasch als möglich zu festigen, um auf diese Weise seine vollkommene, auch oberflächliche Beruhigung zu erzielen, oder, wenn noch die Aufforstung geplant sein solle, diese sicherer zu bewerkstelligen, als es bei ungebundenem Boden

---

203) „Ueber die Zusammenstellung und den Anbau der Grassamen-Mischungen;“ von Dr. Theodor Ritter von Weinzierl. Wien 1897 u. 1898.

204) „Ueber die Zusammensetzung und den Anbau der Grassamen-Mischungen,“ von Dr. Theodor Ritter von Weinzierl, Wien 1900.

und in Hochlagen bei träger forstlicher Vegetation voraussichtlich der Fall wäre. Erst in zweiter Linie wird auf den gleichzeitigen Anbau von Futterpflanzen Rücksicht zu nehmen sein.

Im allgemeinen kommt den Gräsern die Eigenschaft leichter und rascher Keimung selbst in leichter Erde und die außerordentliche Ausbreitungsfähigkeit durch Absenker und Wurzelausläufer zu. Die Leguminosen dagegen, welche im Vereine mit den Gräsern den Bestand der Wiesen und der Weideflächen bilden, haben den Vorteil des Nährstoffgehaltes für sich. In ersterer Linie kommen sonach für den vorliegenden Zweck die Gräser in Betracht.

Nach Briot[103]), bezw. nach Boitel, sind es die folgenden Gräser und Leguminosen, welche bei Berasungen in erster Linie in Betracht zu ziehen sind, und zwar die Gräser:

Das französische Raygras, in der Schweiz „Fromentol“ genannt, Avena elatior,
der Goldhafer, Avena flavescens,
das Knaulgras, Dactylis glomerata,
der Wiesenschwingel, Festuca pratensis,
das Timotheusgras, Phleum pratense,
das englische Raygras, Lolium perenne,
das gemeine Rispengras, Poa trivialis,
das Wiesenrispengras, Poa pratensis,
der Wiesenfuchsschwanz, Alopecurus pratensis.

Dann die Leguminosen:

Der gemeine Wundklee, Anthyllis vulneraria,
die Luzerne, Medicago sativa,
die Hopfenluzerne oder der Hopfenklee, Medicago lupulina,
die Esparsette, Onobrychis sativa,
der Wiesenklee, Trifolium pratense,
der Weißklee, Trifolium repens,
der Bastardklee, Trifolium hydridum.

Sie alle, vorteilhaft nur in Mischung angewendet, denn die einzelne Pflanze für sich kommt kaum in Betracht, zeichnen sich vor vielen andern Arten, — Briot zählt noch eine stattliche Reihe auf, — durch die Härte, d. i. Widerstandskraft gegen Witterungsverhältnisse, Festigkeit, Frühreife, Verbreitungsfähigkeit, Anspruchslosigkeit auf Klima und Boden, aus. Allerdings sagt ihnen ein fruchtbarer Wiesenboden am besten zu und es eignen sich die meisten von ihnen für Dungwiesen, so besonders Avena elatior,

Avena flavescens, Dactylis glomerata und Alopecurus pratensis. Trifolium hydridum gedeiht für sich nur auf feuchtem Boden; Medicago lupulina hat als Nutzpflanze kaum einen Wert.

Bewährt haben sich, insbesondere auf Rutschflächen mit Kalkschuttunterlage, wenn gleichzeitig auf Futterwert Bedacht genommen wird, nach Weinzierl, und zwar auf Grund angestellter Versuche auf der Sandlingalpe bei Aussee in Steiermark, in 1400 m Meereshöhe und hier bis 62 Proc. Steigung des Hanges, die folgenden Mischungen:

In tieferer Lage:

1.	der Weißklee, Trifolium repens . .	10 Proc. der Reinsaat
2.	der Schoten- oder Hornklee, Lotus corniculatus	15 „ „ „
3.	die Schafgarbe, Achillea millefolium .	5 „ „ „
4.	das französische Raygras, Arrhenatherum elatius, gleichbedeutend mit Avena elatior	10 „ „ „
5.	das Rohrglanzgras, Phalaris arundinacea	10 „ „ „
6.	die wehrlose Trespe, Bromus inermis	10 „ „ „
7.	der Goldhafer, Avena flavescens . .	10 „ „ „
8.	das Knaulgras, Dactylis glomerata .	10 „ „ „
9.	das Wiesenrispengras, Poa pratensis .	10 „ „ „
10.	der Wiesenschwingel, Festuca pratensis	10 „ „ „

In etwas höheren Lagen:

1.	der Schotenklee, Lotus corniculatus .	20 Proc. der Reinsaat
2.	der Weißklee, Trifolium repens . . .	10 „ „ „
3.	der wildwachsende Hopfenklee, Medicago lupulina	10 „ „ „
4.	die wehrlose Trespe, Bromus inermis	20 „ „ „
5.	das Rohrglanzgras, Phalaris arundinacea	10 „ „ „
6.	das französische Raygras, Arrhenatherum elatius	10 „ „ „
7.	Michelsche Lieschgras, Phleum Michelii	10 „ „ „
8.	das Violette Rispengras, Poa violacea	10 „ „ „

Beide Mischungen entwickelten sich bürstendicht, und ergaben im dritten Jahre einen durchschnittlichen Heuertrag von 75 Kilogr. pro 100 m^2, also, auf Hektar umgerechnet, ebensoviel Metercentner. Voraussichtlich wird die zweite Mischung eine längere Dauer

haben. Hiezu kommt zu bemerken, dass Phalaris arundinacea (Baldingera) eigentlich ausschließlich eine Uferpflanze ist, die auf Kalkschuttunterlage und geneigter Fläche allein nicht gedeiht. Auch Trifolium repens gedeiht nur auf schweren, hartgetretenen Böden längs der Wege und Straßen.

So wertvoll auch diese Angaben hinsichtlich der Wahl der Pflanzenart sind, so erheischt doch die besondere Aufgabe der Berasung in den Wildbachgebieten, die ja unter den verschiedensten Verhältnissen vorgenommen werden soll, auch besondere Erfahrungen. Im ausgedehntesten Maße wurden solche bisher in Frankreich gesammelt. Dort sind es in erster Linie, und zwar zum Zwecke des Schutzes junger Forstkulturen, also als Grasunterbau, die Esparsette, Onobrychis sativa, dann das riedgrasartige Rauhgras, auch Strohlehm genannt, Lasiagrostis calamagrostis und das Reitgras, auch „Bauche“ genannt, Calamagrostis argentea, die gerne zur Aussaat kommen.

Die Esparsette, die nur auf südlichen Hängen des Kalkgebirges in tieferen Lagen gut gedeiht, ist schnellwüchsig, widerstandsfähig, tiefwurzelnd und bietet anderen auf der Kulturfläche vorhandenen empfindlichen Pflanzen durch eine gewisse Zeit hindurch ausreichenden Schutz gegen atmosphärische Einflüsse.

Beigemengt wird ihr gern eine in Frankreich „Fenasse„ genannte Mischung, welche als geringste Qualität des französischen Raygrases, Avena elatior, von dem es jedoch nur ca 18 Proc. enthält, in den Handel kommt und der Hauptmasse nach aus Spreu und den minderwertigen Trespenarten besteht, denen keine bodenbefestigende Eigenschaft zukommt.

Man verwendet gewöhnlich $^{3}/_{4}$—$^{4}/_{5}$ Esparsettesamen und $^{1}/_{4}$—$^{1}/_{5}$ Fenasse. Die Mischung der Fenasse wächst zwar langsam, gibt erst nach 2—3 Jahren wirksamen Schutz, ist aber sehr ausdauernd. Allerdings wird die Berasung mit Esparsette, in sehr hohen Lagen, weil diese dort nicht mehr gedeiht, in 3—4 Jahren wirkungslos, doch übernehmen dann die verschiedenen anderen mitgesäeten oder sich angesiedelten Arten den Schutz.

In Südfrankreich bei Barcelonette, gedeiht die Esparsette auf Südhängen bis 2300 m, und hat sich ortweise, vor mehr als 20 Jahren künstlich eingeführt, in großen Flächen bis heute erhalten. Ihr Same muss also, wenn vielleicht auch nicht alle Jahre, so doch zeitweise zur Reife gelangen. Allerdings hat man es dort mit einem leichten, trockenen, tiefgründigen Kalkboden,

wie ihn die Esparsette verlangt, zu thun. Die Berg-Esparsette, oder der dunkle Süßklee, Hedysarum obscurum, vertritt die Esparsette in der Hochregion.

Bei Anwendung von nur einer Grasart wird in Frankreich gerne das vorgenannte Reitgras, Calamagrostis argentea, dessen mächtige runde Büschel vorerst zerrissen und dann gesetzt werden, gewählt. Dieses Gras, außerordentlich zäh und widerstandsfähig, wächst sehr leicht an und befestigt mit seinen tiefgehenden Wurzeln das Terrain vorzüglich. Unter seinem Schutze lässt sich im folgenden Jahre die Berasung leicht durch Rinnensaat in Abständen von 50—70 cm ergänzen.

In der Schweiz ist nach Fankhauser[170]) an trockenen, mageren Südhängen bis zu beträchtlicher Höhe das Bergreitgras, Calamagrostis montana, im Berner Oberland „Bergelle", oder „Risch" im Grindelwaldthale genannt, anzutreffen, welches sich auch dort zur Aussaat gut eignet. Nach Weinzierl entwickelt sich dasselbe sehr langsam und ist die alleinige Aussaat dieses Grases daher sehr unsicher. Für Deutschland und Oesterreich dürfte, jedoch in tieferen Lagen, Calamagrostis epigeios, das Hügelrohr, namentlich zur Befestigung von Sand, in Betracht kommen.

Das riedgrasartige Rauhgras, Lasiagrostis Calamagrostis, eine südeuropäische Gebirgspflanze, nimmt mit dem dürrsten Geröllboden vorlieb, gedeiht insbesondere auf kalkiger Bodenunterlage ganz außerordentlich kräftig. Ob dasselbe in nördlicheren Gegenden, z. B. in allen Teilen Oesterreichs, gedeihen würde, ist nicht erwiesen. In den Alpenthälern von Krain, dem Küstenlande, Südtirol, im Venetianischen, in Südfrankreich, im Banat, eignet es sich vorzüglich zur Verhinderung von Bodenrutschungen und zur Fruchtbarmachung öder Böden. Dieses, im vorgeschrittenen Alter ganz kräftige, fast unausreißbare Schöpfe bildende Gras, welches zur Zeit des Hervorsprießens der starken Halme auch von Wiederkäuern angenommen wird, treibt lange, reichliche Blütenrispen, welche im August ausreifen und um diese Zeit sehr viel Samen geben.

Auch der gemeine Wundklee, Anthyllis vulneraria, kommt gerne in Gebrauch.

In Frankreich wird zur Beruhigung der brüchigen Böden gerne die sogenannte Cordonpflanzung in Anwendung gebracht, die in der Bildung von lebenden, von einander etwa 5 m entfernten Weißerlenhecken besteht. Zwischen diesen Hecken wer-

den Rinnen angelegt und diese mit Esparsette und anderen Samen besäet. In der Regel wird dort die Berasung, welche auf ganz nacktem Boden der Aufforstung nahezu immer vorangeht, zwei Jahre vor der letzteren ausgeführt. Es werden kleine horizontale Furchen, etwa 0,5 m von einander entfernt derart ausgehoben, dass nach Aushub der untersten Furche, dieselbe besäet und gleich darauf die nächst höhere gegraben wird, so dass sich der Same in der unteren sogleich bedeckt. Gesäet wird im Frühjahr, und zwar am besten sogleich nach einem Regentage. Ausgesprochenen Futterpflanzen wird nur dort der Vorzug eingeräumt, wo gehofft werden kann, unmittelbar nach der Berasung die endgiltige Holzart einzuführen, wo also offenbar der Erfolg der Aufforstung ein sicherer ist, der Bodenbindung daher kein so besonderes Augenmerk zugewendet werden muss.

Auf vollkommen unsicheren Boden werden Plaggen gelegt und diese mit Holzpflöcken befestigt. Doch ist diese Art der Versicherung verhältnismäßig kostspielig.

Nach den in Oesterreich gemachten Erfahrungen empfehlen sich zur Aussaat in höheren Lagen der gemeine Schafschwingel, Festuca ovina, das gemeine Rispengras, Poa trivialis, das Alpen- und das einjährige Rispengras, Poa alpina und annua, die gefiederte Zwenke, Brachypodium pinnatum, insbesondere deshalb, weil diese Grasarten reichlich Samen tragen und sich überdies rasch und leicht durch Ausläuferbildung fortpflanzen. Festuca ovina, var. sulcata, eignet sich für tiefere Lagen, besonders für einen dürren, sandig erdigen, mit durch Rutschungen und Blößen unterbrochenen Boden, nimmt aber im übrigen mit jeder Bodenart vorlieb; Brachypodium liebt trockenen Kalk- und Mergelboden. Auch mit der Ansaat von Heublumen und von Steinklee, Meliotus officinalis, wurden gute Erfolge erzielt. Die ersteren, zumeist aus dem Samen vom Spitzwegerich, Plantago lanceolata, und verschiedenen anderen Unkräutern zusammengesetzt, wurden auf Alpsmähdern gewonnen, mussten aber in den höchsten Lagen, des rauhen Klimas und der nur oft geringen Nährschichte des Bodens wegen, zweimal gesäet werden. Meliotus ist sehr tiefwurzelnd und bindend. Für Flugsand eignet sich auch die Topinamburpflanze, Helianthus tuberosus, die wie die Kartoffel angebaut wird, guten landwirtschaftlichen Ertrag und gutes Wildfutter liefert, allerdings am besten auf gut gedüngtem Boden, in Aeckern und Gärten gedeiht.

Sehr gut bindet die Böschungen der Thalregion der Luzernklee, Medicago sativa, gemischt mit Knaulgraus, Dactylis glomerata, und Timotheusgras, Phleum pratense, und zwar auf Böden mit Kalkschuttunterlage und etwas fruchtbarer Erde. Zum Zwecke der Bestockung der Luzerne und der beigemischten Gräser, sowie zum Zwecke der leichteren und rascheren Besiedelung durch spontane Pflanzenarten, ist das rechtzeitige, womöglich das frühzeitige Abmähen, bezw. die frühe Nutzung am Platze, weil dann den nachwachsenden, bezw. den anfliegenden Pflanzenarten Platz gemacht wird. In mehr bindigen Böden ist es gut, der Luzerne Samen der gemeinen Quecke, Triticum repens, beizumischen. In sandigen Böden, wenn dieselben nicht zu steril sind, geht ihre Wurzel halbmetertief und darüber in den Boden.

An den Bruchlehnen kann auch recht guter Erfolg mit der Besenpfrieme, Spartium scoparium, und zwar gemischt mit anderen Samengattungen, erzielt werden. Wenn der Boden nicht allzu mager ist, bindet in den ersten Jahren auch der gewöhnliche Rotklee, Trifolium pratense, sehr gut. Er geht zwar im Laufe der Jahre großenteils zugrunde, doch siedeln sich inzwischen andere Arten an. Gut ist es, den Klee wie auch die Luzerne, mit etwas Hafer zu mischen, welcher schneller wächst und den jungen zarten Pflanzen Schutz gewährt. Wo feuchtes Rutschterrain auf lehmigen, lettigen Untergrund vorhanden, ist der Huflattich zu begünstigen, nur ist zu beachten, dass er nur freie, dem Sonnenlichte zugängliche Lagen verträgt; im schattigen Walde könnte ihn Petasites albus, die Pestwurz oder der große Lattich genannt, ersetzen.

Nach Anschauung Rieders[205]) stößt die Berasung von Rutschflächen, abgesehen von den ungünstigen klimatischen Verhältnissen, auch insofern auf große Schwierigkeiten, als die Samen der hiezu geeigneten Pflanzen im Handel entweder gar nicht oder nur selten zu haben sind. Das wäre jedoch gewiß nicht die größte Schwierigkeit, denn den nötigen Samen kann man sich wohl zumeist selbst einsammeln. Die Hauptsache bleibt immer die Frage, ob die gewählten Arten zu dem beabsichtigen Zwecke taugen. Von den im Handel vorkommenden Arten eignen sich nach Rieder

205) „Eine Reise durch die Wildbachgebiete Krains und des Küstenlandes;“ vom Cornelius Rieder, Mitteilungen des Krain-Küstenl. Forstvereins Heft XIII, Jahrgang 1889.

zur Aussaat in höheren Lagen das mehrgenannte französische Raygras, das gemeine Rispengras, Poa trivialis, sowie der gemeine Schafschwingel, Festuca ovina.

Auf Karstböden empfiehlt sich nach Rieder und zwar mit Akazie gemengt, die Aussaat von Luzerne ganz besonders, weil sie eine sehr starke, tiefgehende Pfahlwurzel besitzt und daher der Trockenheit und Dürre gut zu widerstehen vermag. Sie bindet den Boden rasch und liefert ein vorzügliches Viehfutter.

Bei der ortweise auch in Italien geübten Berasung kahler Gebirgsböden haben sich der fleischrote Klee, Trifolium incarnatum, dann der Bockshornklee, Trigonella foenum graecum, gut bewährt[206]).

In neuerer Zeit sind zwei Pflanzenarten zur Bindung von kahlem Terrain angepriesen worden und zwar Lathyrus silvestris, die veredelte Waldplatterbse und Polygonum sachalinense, das Flohkraut der Insel Sachalin, eine Knöterichart. Ueber die Eigenschaften und die Kultur der Waldplatterbse finden sich ausführliche Berichte in der „Deutschen landwirtschaftlichen Presse“ No. 8, 13 und 22, Jahrgang 1888.[207]) Es wird von ihr gesagt: Sie halte länger als Luzerne und Esparsette, selbst über 50 Jahre im Boden. Sie liefere mehr und viel besseres Futter, als Luzerne und Rotklee und sei dabei viel bescheidener in Bezug auf ihre Ansprüche auf den Boden.

Auf sandigem, steinigem Boden, selbst auf steilen Abhängen, wenn sie nur bis zu größerer Tiefe durchlassend sind, bringen die Pflanzen sehr viel Samen. Die seilartigen, harten, zähen Wurzeln, von 10 und mehr Meter Länge, durchziehen das Steingerölle, wie den Sand; sie seien im Stande, das Wachstum in voller Ueppigkeit zu erhalten, auch wenn anhaltende Trockenheit herrscht. Im Gegensatze zu den übrigen Klee- und Wickenarten gedeihen die Platterbsen auf fast allen Formationen.

Der arme, kalklose Diluvialsand erzeuge dieselben üppigen Pflanzen, wie Kalk-, Basalt- oder Granitgerölle, nur in langsamerem Tempo; sie zeigen sich als wirkliche „Omnivoren“, was angesichts der immer weiter schreitenden Kleemüdigkeit der übrigen Futterpflanzen eine wertvolle Eigenschaft bedeute.

Auffallend sei ihre Widerstandsfähigkeit gegen Kälte; früher

---

206) „Rimboschimento della Provincia d'Aguila“, Rom 1900.

207) Siehe auch: „Praktische Anleitung zum Anbau der neuen Futterpflanze, „Lathyrus silvestris Wagneri,“ von Franz Mayerhofer. München 1893.

als irgend ein anderes Futterkraut, gebe sie den ersten Schnitt und falle nicht zusammen, wenn unerwartet ein Spätfrost kommt, sondern wachse weiter; es fanden sich unter einer 30 cm starken Schneedecke 10—15 cm lange Ranken von milchweißer und wachsgelber Farbe.

Der Samen der wilden Platterbse keimt, vollständig ausgereift, erst nach 6—8 Jahren; dagegen brauche derselbe nach der Veredelung nur 20—30 Tage zum Aufgehen.

Die Wild-Pflanze enthält einen Bitterstoff, der dem Vieh unangenehm ist; das Futter der veredelten Pflanzen dagegen werde von Pferden, Rindern und Schweinen sehr gerne angenommen.

Die beste Art der Vermehrung geschehe durch Einsetzen einjähriger Pflanzen. Die Pflanzzeit beginne im Frühjahr und könne von Mitte August bis Ende Oktober fortgesetzt werden, doch liefere die Frühjahrspflanzung meist bessere Resultate.

An steilen, steinigen Bergabhängen müssen Pflanzlöcher gegraben und so viel Erde, Schutt oder feines Geröll in die Grube geschafft werden, dass in der nächsten Umgebung der Wurzel keine Hohlräume entstehen können.

Was Polygonum sachalinense anbelangt, so soll es sich außer durch die Eigenschaft der Bodenbindung auch noch durch die besondere Widerstandskraft gegen Witterungswechsel und überhaupt Anspruchslosigkeit bezüglich des Klimas auszeichnen.

Beide Pflanzen wurden wohl bereits versuchsweise in Wildbächen angebaut, doch sind die Versuche noch nicht abgeschlossen. Die außerordentliche bodenbindende Kraft von Lathyrus steht außer Zweifel. Ihr Gedeihen in breiten Flächen scheint jedoch, im Hochgebirge wenigstens, und namentlich auf steilen Bruchflächen an Voraussetzungen geknüpft zu sein, welche vielleicht anlässlich der versuchsweise vorgenommenen Kulturen noch unbeachtet blieben.

Dem Berichte der k. k. Samen-Kontrol-Station in Wien zufolge[208]) haben die Lathyruskulturen, von welchen mehrere Arten und zwar Lathyrus silvestris, dann Lathyrus latifolius, die breitblättrige Platterbse, versuchsweise kultiviert wurden, keine zufriedenstellenden Resultate ergeben, indem diese Kulturen sich sehr langsam entwickelten, stark von Unkraut überwuchert wurden und auch im Ertrage hinter den Grasmischungen zurückblieben; auch

208) „Die neuen Futterpflanzen"; von Dr. Theodor R. von Weinzierl, Publikation Nr. 138, der k. k. Samen-Kontrol-Station, Wien, 1895.

werden diese Kulturen durch das starke Auftreten des Erbsenrostes, Uromyces Pisi, jedes Jahr gegen Mitte August derart überwuchert, dass alle guten Eigenschaften dadurch behoben werden; zudem ist die Aufnahme des Futters durch das Vieh, selbst der veredelten, noch nicht vom Roste befallenen Platterbse eine sehr mittelmäßige.

Uebrigens kommt zu beachten, dass Lathyrus silvestris eigentlich nur dem Thalgebiete angehört und Lathyrus latifolius, welche die Gebüsche in der Nähe liebt, für das Küstenland, Südtirol und Italien am besten passt.

Derselbe Bericht spricht sich auch über Polygonum sachalinense ungünstig aus und zwar haben die Versuche mit demselben, — es gelangten Wurzelstöcke, die aus Frankreich (Charles Baltet in Troyes) und aus Yokahama bezogen wurden, zur Anpflanzung —, gezeigt, dass diese Pflanze, wenigstens für die Verhältnisse des betreffenden Versuchsfeldes, trockener Sandboden des Marchfeldes, keinen besonderen landwirtschaftlichen Kulturwert besitzt. Die Pflanze ist äußerst empfindlich gegen Frost, die Triebe verholzen sehr frühzeitig, so dass sie auch vom Vieh nur ungern aufgenommen werden, und selbst die Bestockung erreicht nach zwei-, beziehungsweise dreijähriger Dauer nicht annähernd die so sehr angerühmte Ueppigkeit.

Auch in Deutschland ergaben die mit Lathyrus silvestris und dann die mit Polygonum cuspidatum, dem japanischen Buchweizen angestellte Versuche ungünstige Resultate.[209]) Immerhin dürfte sich diese letztere Pflanze für sandige Lehmböden mit Schotteruntergrund gut eignen.

Zur Bindung und Berasung von Schuttkegeln können sich auf Grund der gesammelten Erfahrungen, je nach dem Standort, der Oertlichkeit, die folgenden Arten empfehlen:

Der große Huflattich oder die Pestwurz, Petasites albus,
das riedgrasartige Rauhgras, Lasiagrostis calamagrostis,
die Esparsette, Onobrychis sativa,
die Luzerne, Medicago sativa,
der Schotenklee, Lotus corniculatus,
die Rispengräser, Poa alpina, annua, pratensis und distichophylla,

---

209) „Anbauversuche mit Lathyrus silvestris und Polygonum cuspidatum"; von Dr. Laspeyres. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. 1. Heft, 1902.

die Simsen, Luzula alpestris und spadicea,
dann die Segge, Carex firma,
das franz. Raygras, Arrhenatherum elatius,
der Schafschwingel, Festuca ovina,
der gemeine Rotschwingel, Festuca rubra,
das Rohrglanzgras, Phalaris arundinacea,
die wehrlose Trespe, Bromus inermis,
die Hundsquecke, Agrophysum caninum u. a. m.

Was die auf ein Hektar Kulturfläche erforderliche Samenmenge anbelangt, so möge bezüglich der gewöhnlichsten Samenarten die folgende allgemeine Angabe Anhaltspunkte geben. Die Samenmenge der Einzelnsaat in Kilogrammen stellt sich nach Weinzierl[210]) wie folgt:

Rotklee	21	Kilogramm	bei	85	Proc.
Bastardklee	13	„	„	81	„
Weißklee	12	„	„	74	„
Luzerne	31	„	„	85	„
Hopfenklee	23	„	„	73	„
Esparsette	196	„	„	69	„
Schotenklee	15	„	„	58	„
Englisches Raygras	55	„	„	78	„
Franz. Raygras	66	„	„	56	„
Goldhafer	10	„	„	52	„
Wiesenschwingel	57	„	„	76	„
Schafschwingel	29	„	„	50	„
Knaulgras	35	„	„	64	„
Timotheegras	18	„	„	87	„
Honiggras	19	„	„	52	„
Wiesenfuchsschwanz	14	„	„	47	„
Wiesenrispengras	17	„	„	51	„
Gemeines Rispengras	18	„	„	55	„
Rohrglanzgras	22	„	„	63	„
Aufrechte Trespe	76	„	„	53	„
Wehrlose Trespe	71	„	„	57	„
Schafgarbe	14	„	„	51	„ Ge-

brauchswert des Samen.

210) „Die Anbaumengen der wichtigsten Klee- und Grassamen"; von Dr. Theodor R. v. Weinzierl. VII. Auflage, Wien 1902.

Diese Angaben stimmen allerdings nicht mit jenen Steblers[211]) überein, doch kommt ihnen sicherlich große Verlässlichkeit zu.

Stets kommt zu beachten, dass Mischungen dichter als Einzelnsaaten gesäet werden müssen, weil die verschiedenen Arten den Raum besser ausnützen und sich gegenseitig verdrängen. Es ist deshalb ein gewisser „Zuschlag" nötig, und zwar ist derselbe mit der Zunahme der Arten steigend. Bei Mischung von 3 bis 6 Arten genügt ein Zuschlag von 25 % und bei mehr Arten 50 % der Reinsaat. Bei Mischungen von vorwiegend langsam sich entwickelnden, dauerhaften Arten, wie z. B. bei Dauerwiesen, ist ein Zuschlag von wenigstens 70% zu rechnen. Je feiner der Same ist, desto mehr Erhöhung der Samenmenge ist nötig; auch muss auf zu leichten und zu schweren Böden mehr Saatgut genommen werden. Für Böschungs- und Bindungsmischungen ist in der Regel ein Zuschlag von 100% zur Reinsaat zu geben. Nähere Angaben hierüber, sowie über die Systematik der Gräser und Leguminosen finden sich in den in den Fußnoten angegebenen Werken[212], [213]).

Kahle Stellen an Böschungen, welche trotz mehrfacher Versuche sich nicht leicht berasen lassen, werden, wenn ihre Versicherung unbedingt nötig fällt, am besten mit Rasenziegeln belegt. Es kostet dies gewiss nicht mehr, als wiederholtes zweckloses Besäen. Geschieht das Belegen mit Rasenziegeln in einer trockenen Jahreszeit, so müssen die Rasenziegel durch die ersten zehn Tage begossen werden.

Allgemein sei noch beigefügt, dass bei künstlichen Saaten auf jedem Punkte die verschiedenen Familien, Gattungen und Arten vereinigt sein sollen, so dass sie ihre Wurzeln in verschiedene Bodenschichten, je nach Bedarf an Feuchtigkeit, senken und ihre Stengel verschieden hoch erheben, um alle Schichten des Bodens auszunützen und so den klimatischen Schwankungen besser zu begegnen. Bei der Saat ist auch darauf zu sehen, dass in mehreren Würfen gesäet wird und zwar so, dass jedesmal die Körner von annähernd gleichem Gewichte zur Aussaat kommen. Vortheilhaft wird im Gebirge im Frühjahre nach der Schneeschmelze gesäet, und gut ist es, wenn darauf warme Regen folgen. Die

211) „Die Grassamen-Mischungen"; von Dr. F. G. Stebler, Bern 1895.

212) „Die besten Futterpflanzen"; von Dr. F. G. Stebler und Dr. C. Schröter. 2. Auflage. Bern 1892.

213) „Grundlehre der Kulturtechnik"; von Dr. Ch. August Vogler, 2. Auflage. Berlin 1898.

Saat in trockenen Monaten gelingt natürlich selten. Ist das Einsammeln des Samens nicht thunlich, so ist das Saatgut, wenn erhältlich, in Samenhandlungen zu beziehen und, wenn es sich um bedeutende Mengen handelt, dessen Keimfähigkeit in hiezu berufenen Samenkontrolstationen prüfen zu lassen. Vorzuziehen ist immer die Gewinnung des Samens in der Nähe des Arbeitsfeldes, an Standorten zugehöriger Beschaffenheit. Dabei ist in erster Linie Sachkunde geboten, wobei eigene Erfahrung die besten Dienste leistet.

Sandige oder den Winden und der Sonne ausgesetzte Lehnen sollen nach dem Besäen mit Aesten, und zwar am besten mit Nadelholzästen, bedeckt und dieselben mit Pflöcken befestigt werden. Wenn der Boden nicht sehr mager ist, ist der Erfolg durch das Belegen mit Aesten überraschend.

Unter allen Umständen ist es geboten, beraste Flächen vor dem Weidegange und Viehtritte, eventuell durch Einzäunen zu schützen, soll der Erfolg nicht ganz in Frage gestellt sein, denn besonders das frische, kaum dem Boden entsprossene Gras, wird vom Weidevieh gerne angenommen.

Von der im vorstehenden gemeinten und beschriebenen Berasung, welche sowohl in den Bächen des Hochgebirges, als auch in jenen des Mittelgebirges und Hügellandes nötig fallen kann, ist jene zu unterscheiden, welche den Grasanbau behufs Schaffung von Wiesen- und Weideboden in weiten Flächen, und zwar auf sonst festem Boden zum Ziele hat, wie sie das französische Berasungsgesetz vom Jahre 1864 bezw. 1882 beabsichtigt. Auf diese wird an anderer Stelle zurückgekommen werden.

Die Erfahrung bei Berasung von brüchigem Boden bedarf aber sicherlich noch besonderer Bereicherung und es wäre deshalb die Veranlassung von gemeinsamen, diesbezüglichen Versuchen durch die Samenkontrolstationen und durch die Behörden der Wildbachverbauung sehr am Platze.

Die vorstehenden, vielleicht nur allzu lückenhaften Ausführungen können nicht ohne Hinweis auf eine neue literarische Erscheinung[214]) geschlossen werden, welche geeignet ist, über den Wert der für den vorliegenden Zweck in Betracht kommenden Pflanzenarten neues, verlässliches Materiale zu liefern.

214) „Alpine Futterbauversuche, zugleich II. Bericht über die im alpinen Versuchsgarten auf der Sandlingalpe durchgeführten wissenschaftlich-praktischen Untersuchungen in den Jahren 1890—1900“; von Dr. Theodor R. v. Weinzierl. Wien 1902.

Die Aufforstung.

Es kann sich auch hier nur um die Aufforstung des in Bewegung gewesenen, und durch eine der vorbeschriebenen Maßnahmen zur Ruhe gebrachten Bodens handeln. Auch sind jene Oertlichkeiten einzubeziehen, wo ein Abbruch bei Außerachtlassung von forestalen Vorkehrungen zu erwarten steht. Gleichzeitig sollen sich die folgenden Ausführungen auf die Aufforstung der Rinnsale, wo eine solche notwendig ist, der Lawinenstriche, Schutthalden und Schuttkegel, der Sand- und Schotterbänke, dann des sonstigen Kultur- und Oedlandes, soweit dieselbe für das Verhalten der Gewässer von Wert sein kann, ausdehnen.

Aufschluss darüber zu geben, in welcher Art bei der Aufforstung von Böden vorzugehen ist, welche sich in die vorstehenden Arten nicht einreihen lassen, würde über den Rahmen des Zweckes, welchen dieses Buch im Auge hat, hinausgehen, zumal hierüber die wissenschaftlich und praktisch sehr vertiefte Lehre des Waldbaues keinen Zweifel lässt, und die Berücksichtigung aller in den Wildbächen anzutreffenden Verhältnisse, was Bodenarten, Höhenlage, Klima, Standort überhaupt anbelangt, wenn sie auch nur in gedrängter Kürze geplant wäre, viel zu umfangreicher Erörterungen bedürfen würde. Immerhin muss auf die aus den Ausführungen des 1. Theiles dieses Buches hervorgehende Wichtigkeit der möglichst umfangreichen und dabei je nach Oertlichkeit zu bewerkstelligenden Aufforstung innerhalb der Niederschlagsgebiete der Wildbäche eindringlichst verwiesen werden.

Die Aufforstung brüchiger Hänge.

Als allgemeiner Grundsatz bei derlei Aufforstungen muss gelten, Holzarten einzuführen, welche den Boden rasch binden, nach dem Abtriebe Ausschlagfähigkeit behalten und auch in Zukunft nicht etwa durch die Schwere der oberirdischen Holzmasse zu weiteren Bodenbewegungen, zu Windwürfen und damit im Zusammenhange stehenden Bodenaufrissen, Verklausungen u. dgl. Unzukömmlichkeiten mehr, Anlass geben können.

Für den gegenständlichen Zweck eignen sich daher in erster Reihe die Laubhölzer, sei es als bestandesbildende oder nur als zur Mischung geeignete Holzarten, sei es auch nur bloßes Strauchwerk. Wenn es die Verhältnisse zulassen, so wird selbstverständ-

lich zu den ersteren, des möglichen größeren Ertrages wegen, gegriffen werden. Nadelhölzer kommen in zweiter Reihe in Betracht.

Von den Laubhölzern sind vor allen die Erlen, Weiden und Pappelarten zu nennen. Von den Erlen eignen sich die Weißerle, Alnus incana, und die Schwarzerle, Alnus glutinosa, für die gemäßigte und die Berg- oder Grünerle, Alnus viridis, namentlich für die alpine Zone. Die außerordentlich verbreiteten beiden ersten Arten, deren Wurzelstöcke sich in viele, wenn auch nur mehr oberflächlich in den Boden eindringende und das Erdreich festhaltende, die Ufer befestigende Seitenwurzeln und Verzweigungen verteilen, sind hinsichtlich des Standortes außerordentlich genügsam, doch sagen ihnen ein beständig feuchter Boden am besten, ein bindiger, steiniger oder Felsboden am wenigsten zu. Die Weißerle ist übrigens, wenn auch mitunter nur als vereinzelter Strauch, in den höchsten Lagen der alpinen Region vorzufinden.

Aehnliches Verhalten zeigt die Bergerle, die sich wegen der ganz außerordentlichen Reproduktionsfähigkeit und Genügsamkeit zur Aufforstung kahler brüchiger Hänge hervorragend eignet.

Man müht sich oft jahrelang erfolglos, sagt Fankhauser,[215]) eine Frostlage, mageres Oedland, einen stark verunkrauteten Schlag, von Engerlingfraß leidenden Sandboden, eine öde Rutschhalde oder andere derartige Oertlichkeiten mit Fichten und Kiefern aufzuforsten, wo ein Weißerlenverhau nicht nur nicht vollkommener, sondern zugleich auch rascher und billiger zum Ziele führen würde.

Nächst den Erlen kommen wegen ihrer Ausschlagfähigkeit die Weiden, und zwar deshalb erst in zweiter Linie in Betracht, weil ihrem Verbreitungsbezirke und den Bedingungen ihres Gedeihens im allgemeinen von der Natur etwas engere Grenzen gezogen sind. Unter den Weiden sind zu nennen:

die Sahlweide, Salix caprea,
die Korbweide, Salix viminalis,
die Purpurweide, Salix purpurea und Varietät rubra,
die Graue Weide, Salix incana,
die Alpenweiden, Salix pyrenaica, helvetica, glauca und myrsinites,
die Gletscherweiden, Salix herbacea, reticulata und retusa,

---

215) „Zur Kenntnis des forstlichen Verhaltens der Weißerle"; von Dr. F. Fankhauser, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, Nr. 2 und 3, 1902.

die quendelblättrige Weide, Salix serpyllifolia,
die weiße Weide, Salix alba,
die geöhrte Weide, Salix aurita,
die Mandelweide, Salix triandra (amygdalina),
die aschgraue große Werftweide, Salix cinerea (acuminata),
die zweifärbige Weide, Salix phylicifolia.

Weiter wären zu erwähnen:
die Dotterweide, Salix vitellina,
die Silberweide, Salix argentea,
die Schwarzweide, Salix nigricans,
die caspische Weide, Salix acutifolia,
die Bruchweide, Salix fragilis,
die sanddornblättrige Weide, Salix hippophaefolia,
die lappländische Weide, Salix laponica,
die Sand-Weide, Salix arenaria,
die fünfmännige Weide, Salix pentandra.

Zur Befestigung von Ufern und zur Erzeugung von Faschinenmateriale, Flechtwerk, eignen sich unter den angegebenen Weidenarten am besten die Sahlweide, die Korbweide, die Purpurweide und die graue Weide.

Die erstere ist hinsichtlich des Standortes außerordentlich genügsam, und kommt, sowie die Purpurweide, die allerdings nassen und feuchten Boden liebt, selbst noch auf trockenem Boden gut fort. Sie ist von den Alpen und Pyrenäen über ganz Europa bis in das nördliche Lappland verbreitet und gedeiht selbst noch in Höhen von bis 1800 m, wohingegen die Verbreitung der Purpurweide nur bis zur Höhe von etwa 1400 m reicht. Die Korbweide zieht frischen Boden vor, die graue Weide ist auch auf trockenem Boden anzutreffen.

In Lagen von 1500 bis ca. 2400 m haben sich die lappländische und die Alpenweide, S. myrsinites, gut bewährt. In den höchsten Lagen, und zwar von 2400 bis 2850 m, gedeiht die Gletscherweide, S. retusa, und die quendelblättrige Weide, S. serpyllifolia[216]).

Von den Pappelarten kommen, und zwar vorwiegend für die gemäßigte Zone, die Schwarzpappel, Populus nigra, die Weißpappel, Populus alba, und die Zitterpappel oder Aspe, Populus tremula,

216) Nach Stengler: „Die Wildbachverbauung im bayerischen Allgäu"; Süddeutsche Bauzeitung 1892, ist die Aufforstung von Ufergehängen im Bayerischen Allgäu mit Weiden und Erlen, nach vorhergegangener Besamung mit Raygras und Goldhafer vorgenommen worden.

in Betracht. Die Schwarzpappel zeichnet sich durch ihre reiche Bewurzelung, ihre große Stock- und Wurzelausschlagsfähigkeit aus. Sie gedeiht bis 1800 m Höhe in allen Lagen, liebt aber einen leichten, feuchten oder doch wenigstens frischen Boden und viel Licht.

Die Weißpappel hat ähnliche Eigenschaften, verlangt frischen und kräftigen Boden, gedeiht aber bis in die obige Höhe nicht.

Die Zitterpappel erreicht wohl die Höhe von 1600—1700 m, doch zieht sie die Nord- und Ostgehänge vor.

Für die gemäßigte Zone und zwar bis etwa 1000 m, kommt weiter die Akazie, Robinia pseudoacacia, in Betracht. Sie ist rücksichtlich des Bodens eine anspruchslose Holzart, doch sagt ihr ein frischer Boden am meisten zu. Ihre Empfindlichkeit gegen Frost macht sie vorwiegend nur in warmen Lagen gut verwendbar, wo sie dann, ihrer großen Ausschlagsfähigkeit halber, für Aufforstung lockerer und kahler, insbesondere sandiger Hänge sehr gesucht ist.

Von anderen Holzarten kommen und zwar innerhalb der gemäßigten Zone vornehmlich, in Betracht:

Die gemeine Hasel, Corylus avellana, der Hartriegel, Cornus sanguinea, der Weißdorn, Crataegus oxyacantha und monogyna, die Felsenbirne, Mespilus Amelanchier, die Mahaleb-Kirsche, Cerasus mahaleb, der stinkende Wachholder, Juniperus sabina, der Bohnenbaum, Cytisus laburnum, der Hagebuttenstrauch, Rosa canina, der Sanddorn, Hippophae ramnoides, die Hauhhechel, Ononis fruticosa, der Ginster, Genista tinctoria, der Faulbaum, Rhamnus frangula, die kriechende Himbeere, Rubus mutans, dann die Rhododendron- und Vacciniumarten.

Als in der kalten Region verwendbar sind der Weißdorn, der Alpen-Bohnenstrauch, Cytisus alpinus, der Sanddorn, der Aprikosenbaum von Briançon, Prunus brigantiaca, und der gemeine Sauerdorn, Berberis vulgaris, zu nennen.*)

Die beiden letzteren Holzarten, von welchen die erstere in den Hochthälern der französischen Alpen häufig zu finden ist, werden mit Erfolg zur Befestigung lockerer Böden, zur Beschaffung einer vorläufigen Bodenbeschirmung auf ausgetrocknetem Standorte verwendet. Der Alpenbohnenstrauch kommt in den südlichen Alpen häufig vor.

---

*) Es werden auch überdies empfohlen: Sorbus Chamaemespilus, Juniperus nana, Cotoneaser vulgaris, Acer pseudoplatanus und Betula verrucosa.

In untergeordneter Weise kommt für die gemäßigte Zone noch die Steineiche, Quercus sessiflora, in Betracht, die alle Bodenklassen recht gut verträgt und selbst auf sehr steinigem Boden gut fortkommt. Auch Prunus padus, Lonicera alpigena und Rubus saxatilis sind zu nennen.

Auch die Esche, Fraxinus excelsior, kann Anwendung finden, wenn der Boden nicht sehr sumpfig und schwer bündig ist. Endlich wären noch der Bergahorn, Acer pseudoplatanus, die zahme Eberesche, Sorbus domestica, die gemeine Eberesche oder Vogelbeere, Sorbus aucuparia, der gemeine Mehlbeerbaum, Sorbus aria, die Elsbeere, Sorbus torminalis, und die Vogelkirche, Prunus avium, zu nennen.

Von Nadelhölzern ist eigentlich nur, und zwar für die alpine Region auf trockenen Hängen und in rauher Lage, die Legföhre, Pinus pumilio, zu erwähnen.

In den französischen Pyrenäen erfolgt die Aufforstung von Bruchflächen vorwiegend mit Laubhölzern, wegen ihrer größeren Sicherheit gegen Feuer, Sturm, Schnee, Insekten. Und zwar werden verwendet bis zur Höhe von 900 m, die Buche, Fagus sylvatica, und die Akazie; von 1000 bis 1500 m, die Buche, der Ahorn, die Ulme, Ulmus campestris; von 1500—2000 m, die Elsbeere, die Birke, Betula alba, die Vogelbeere, die Weißerle und wohl auch die Lärche, Larix europaea; über 2000 m, die Lärche, die Fichte und die Bergföhre, Pinus montana, Varietät uncinata.

In den Seealpen kommt die Seekiefer, Pinus maritima (pinaster) in Anwendung.

Was die Kulturmethode anbelangt, so kommt für den vorliegenden Zweck, da es sich vorwiegend um Schaffung und Vermehrung des Ausschlagwaldes handelt, in erster Linie die Pflanzung von S c h n i t t s t ü c k e n in Betracht. Die Pflanzung bei Verwendung von ganzen Individuen, und die Saat sind in zweite Linie zu setzen. Die Schnittstücke von Ausschlägen oder Aesten sind entweder beiderseits, oder bei Belassung der Krone, unten beschnitten. Im ersten Fall heißen sie, wenn 0,3—1,0 m lang, Stecklinge, wenn bis 2 m lang, Setzstäbe, wenn 3 und mehr Meter lang, Setzstangen. Im zweiten Falle spricht man bei einer Länge von bis 2 m von Setzreisern und bei einer solchen von 3 und mehr Metern, von bekronten Setzstangen. Der Schnitt hat immer schief mit einem scharfen Beile oder Messer zu erfolgen. Im allgemeinen sind 2jährige Ausschläge zu Schnittstücken, Steck-

lingen, am besten verwendbar. Aststücke sind weniger wüchsig. Durch Stecklinge außerordentlich gut zu vermehren sind die Weiden- und Pappelarten. Unter den letzteren zeigt die Zitterpappel das ungünstigste diesbezügliche Verhalten. Sie liefert zwar zahlreiche Wurzelbrut, aber nur schlechten Ausschlag, der, wie die Stecklinge, in wenigen Jahren wieder gerne eingeht. Im Safte oder kurz vor dem Safte geschnitten, sind die Schnittstücke empfindlich und dürfen deshalb nicht lange liegen bleiben. Sie werden am besten am Tage oder Vortage ihrer Verwendung geschnitten und vor dem Gebrauche gerne etwas geschält und gedrückt. Ist die sofortige Verwendung nicht thunlich, so ist es nicht unerlässlich sie in Wasser einzulegen, es wäre denn, dass sie erst in 8 Tagen zur Verpflanzung kommen sollen.

Erfahrenen Pflanzern mißfällt es nicht, wenn die Stecklinge etwas verwelkt aussehen und die Trockenheit der Schnittfläche, die übrigens vor der Pflanzung mittelst Nachschneiden etwas behoben werden kann, scheint überhaupt eine Vorbedingung guten Wachstums zu sein.

Am besten erfolgt allerdings der Schnitt zur Zeit vollkommenster Winterruhe, doch nicht bei starkem Froste, weil Brüchigkeit und Unhandlichkeit die Arbeitsleistung schmälern. Die Schnittlinge werden dann am besten in Kellern geschichtet und im Sande aufbewahrt, weil sie so einerseits nicht zu stark auszutrocknen und anderseits nicht unter Kälte zu leiden oder auszutreiben vermögen. Wo es an Kellern fehlt, werden die Schnittlinge in Gebinden in trockene, mit Moos, Laub, Erde oder Rasen bedeckte Gräben gelegt und hiebei auf vollkommenen Wasserablauf Bedacht genommen.

Mit der Freikultur wird sofort begonnen, wenn es die Witterung zulässt.

Der Schnittling hat die Aufgabe, im Boden aus den Knospen (Augen) Wurzeln, oberhalb desselben mit Blattorganen versehene Triebe zu bilden. In trockenen Böden muss er daher tief eingesetzt werden; in feuchten Böden kann er weit mehr aus dem Boden hervorragen als in demselben stecken. Setzreiser und bekronte Setzstangen sind vorteilhaft überhaupt nur in feuchten und nassen Lagen, so z. B. auf Verlandungen, zu verwenden.

Stecklinge werden am besten von 1—2jährigem Holze derart geschnitten, dass mindestens 3—5 Augen zur Verfügung bleiben. In der Regel kommen zwei Dritteile der Länge in den Boden.

Setzstäbe kommen bis 0,5 m in den Boden; Setzstangen, die nur an Ufern, in Ueberschwemmungsgebieten, also in nassen Böden anzuwenden sind, werden zu ein Dritteil ihrer Länge, oder auch weniger tief in den Boden eingesetzt. Allerdings muss bei der Aufforstung von Hängen auch auf die Möglichkeit der Beschädigung des Stecklinges durch herabfallende Steine Bedacht genommen werden.

Im weichen Boden kann der Steckling unmittelbar eingesteckt werden; in bindigen, kiesigen oder schottrigen Böden ist ein entsprechend tiefes Loch mit Hilfe eines beschlagenen Stockes, oder eines eisernen Vorschlagers, Steckeisens, auch Hohlbohrers, vorzubereiten, d. h. zu schlagen und etwas auszuweiten. Die Erde soll überall gut am Steckling anliegen, und derselbe fest und am besten gerade, mit den Augen nach oben stehen. Nur im Hinblick auf die mechanische Wirkung des abfließenden Wassers oder wenn die obere gute Erdschichte seicht ist, wird ihm eine entsprechende schiefe Stellung gegeben.

Die einfachste Kulturmethode besteht in dem Bestecken des Hanges mit Weiden und Pappelstecklingen, Weiß- und Schwarzpappel, in angemessener Entfernung, 60—80 cm, derart, dass diese so tief in den Boden reichen, als erwünscht. Um den Steckling wird etwas Erde gelegt, so dass er thunlichst festsitzt.

Wenn auch nicht so ausschlagfähig wie die Stecklinge der Weiden und Pappeln, so sind doch solche der Erle, insbesondere der Bergerle, der großen Anspruchslosigkeit an den Standort wegen, gut verwendbar. Allerdings eignet sich die Erle besser als Stummelpflanze zur Versetzung, worauf noch zurückgekommen wird.

In der Regel wird der vorbeschriebene Vorgang bei Hängen, die halbwegs beruhigt sind oder vorher verflochten und berast wurden, genügen. Sollte dies nicht der Fall sein, so trachtet man auf dem Hange lebende Hecken zu erzielen.

Das kann bei Herstellung der Hangverflechtung und gleichzeitiger Verwendung von ausschlagfähigem Materiale oder doch wenigstens Bestecken des toten Flechtzaunes, Coupierzaunes, mit ausschlagfähigem Materiale erreicht werden. Diese lebenden Hecken, deren Herstellung auch auf andere Weise erfolgen kann, brechen die Gewalt des über den Hang herabfließenden Wassers und bewahren so den Boden noch besser vor größerer Ueberschwemmung.

Das ausschlagfähige Material kann auch in dünnen, etwa 0.15 m

starken Schichten, über den Hang ausgebreitet, durch niedere Flechtwerke festgehalten und in dünner Lage mit Erde bedeckt werden. Diese so gebildeten Spreitlagen werden in der Regel zur raschen Begrünung des ganzen Hanges führen.

Statt die Stecklinge vertikal zu setzen, eine Methode die in Frankreich „Bouturages“, genannt wird, legt man sie bei den französischen Aufforstungsarbeiten[217]) mitunter in Furchen und spricht von „Couchage de saules“. Auf erdigen, steilen Lehnen werden nämlich etwa 0,1 m tiefe Furchen gegraben und in diese gewöhnlich vier Stecklinge oder, richtiger gesagt, Setzreiser derart gelegt, dass die End- und Seitentriebe heraussehen. Sie liegen abwechselnd mit dem starken Ende einmal auf der einen, einmal auf der anderen Seite. Die Furchen werden zugeworfen und gut eingestampft. Ist der Hang nicht zu steil, so werden sie überdies noch mit Steinen bedeckt. Dengler[189]) empfiehlt zur Deckung von Böschungen die sogenannten „Berauhwehren“, deren Herstellungsart sich mit der vorbeschriebenen nahezu deckt. Etwas abweichend ist die von ihm vorgeschlagene Versicherung mit Hilfe von Faschinenwürsten, Wippen, die aus Setzreisern in der Stärke von 0,12—0,15 m hergestellt, auf die Böschung horizontal oder wie immer gelegt und mit Erde etwas bedeckt werden.

Fig. 40. Cordonpflanzung.

Unter den eigentlichen Pflanzmethoden nimmt die Hecken- oder Cordonpflanzung, wie sie namentlich in Frankreich geübt wird, den ersten Platz ein. Ueber den Vorgang gibt Demontzey[14]) folgenden Aufschluss: Der Heckenanlage geht die Herstellung kleiner Fußsteige, Banquettes, voraus. Je steiler der Hang, desto geringer ist die Banquettbreite; je mehr der Hang zum Abrutschen geneigt ist, desto enger wird die Heckenanlage. Ist der Boden des Banquettes, welcher gegen die Bergseite, Fig. 40, etwas geneigt ist zur Kultur nicht geeignet, so wird ein Teil desselben, d, e, f, g, umgebrochen, die Erde ausgehoben, und es wer-

217) „Les essences et les travaux de boisement“. (Ariège et Haute-Garonne); par M. Bauby. Paris 1900.

den in die Furche die Pflanzen sehr dicht eingesetzt. Die Böschung bc wird nach bh ausgeglichen und mit der gewonnenen Erde die Pflanzrinne ausgefüllt. Die Anlage solcher Banquettes erfolgt sonst ähnlich, wie in Abbildung Nr. 58, Seite 157, zu sehen war, und in Abbildung Nr. 74 zu sehen ist. Dieses Verfahren ist jedoch an und für sich und auch deshalb kostspielig, weil behufs Verhinderung des Einsturzes der Böschung bh, Fig. 40, diese



Abbildung Nr. 74. Cordonpflanzung im Périmètre de Lus-la Croix-Haûte. Canton de Fontbelle, Frankreich.
Aus: „Reboisement et Gazonnement des montagnes"; von Eugène de Gayffier.

gewöhnlich noch durch Flechtwerke gestützt werden muss, wie dies in Abbildung Nr. 75 ersichtlich ist. Einfacher ist das folgende, gleichfalls von Demontzey[14]) beschriebene Verfahren: Es seien bei dem steilen Ufer xy, Fig. 41, in H, H' und H'' lebende Hecken treppenförmig anzulegen. Man beginnt damit, das Banquette H nach dem Profile abc, in welchem sich die Linie ab gegen den Uferabhang 20—30 Procent stark geneigt befindet, während die Böschung bc vertical gehalten wird, auszuheben und die Erde in den Runsengrund zu werfen. Ist dies geschehen, so legt ein Pflanzer seine Pflanzen

auf die Oberfläche des Banquettes derart, dass sie senkrecht zu stehen kommen. Der Wurzelknoten jeder Pflanze kommt dabei etwa 10 cm nach innen von a nach b zu liegen, Fig. 42. Hierauf befestigt er die Pflanze vorläufig mit etwas Erde, die er der Böschung bc mit einigen Hackenschlägen entnimmt und dieselbe so nach db überführt. Ein zweiter bei H' aufgestellter Erdarbeiter



Abbildung Nr. 75. Cordonpflanzung in Périmètre du Val du Bastan (Haute-Pyrénées) Frankreich.
Aus: „Reboisement et Gazonnement des montagnes"; von Eugène de Gayffier.

hebt das zweite Banquette derart aus, dass ihm der Pflanzer, welcher die jungen Pflanzen bei H vertheilt, in seiner Arbeit stets voraus ist. Statt den erhaltenen Abtrag in die Schlucht zu werfen, lässt er ihn langsam zum ersten Banquette hinabrollen.

Auf diese Weise werden die auf dem unteren Banquette a b d verteilten Pflanzen von der nur mit geringer Geschwindigkeit hinabgleitenden Erde bedeckt und das geöffnete Loch vollständig ausgefüllt.

In gleicher Weise wird bei H'' etc. vorgegangen. Es ist auf diese Weise der Vorteil erreicht, dass, wenn man am oberen Teile des Abhanges angelangt ist, die Hecken eingepflanzt

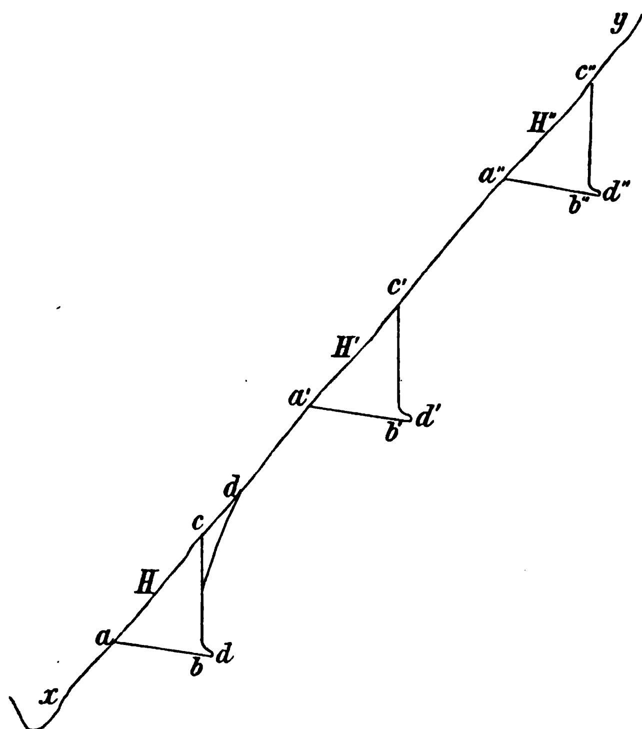


Fig. 41. Cordonpflanzung.

sind, ohne dass sich das Profil des Abhanges merklich geändert hat. Nur an der Stelle der obersten Hecke ist, da die zum Bedecken der Pflanzen benötigte Erde durch Abböschen verschafft werden muss, eine kleine Aenderung im Profile ersichtlich.

Die mit diesem Verfahren verbundene Ersparnis ist einleuchtend. Es werden durch dasselbe nicht nur eine Menge Erd-

arbeiten, sondern insbesondere die sämtlichen, durch Flechtwerk für die Böschungen herzustellenden Stützen erspart. Dabei haben die zur Heckenbildung verwendeten Pflanzen nichts durch obere Einstürze zu leiden, nachdem sie vielleicht höher bedeckt, aber sonst nicht gefährdet werden. Nach Ablauf von zwei bis drei Jahren ist der bergseitig der Hecken befindliche Boden derart verwittert, dass auf demselben auch Nadelhölzer angepflanzt werden können. Zwischen denselben kann die endgiltige Sicherung des Abhanges durch Zwischenbau von Futtergräsern, in Frankreich gerne Esparsette, erreicht werden. Dieses zuerst von M. Couturier angewandte und unter dem Namen der wahren „Cordonpflanzung“ bekannte Verfahren hat sich stets trefflich bewährt. Es findet Anwendung an den steilen Wildbachufern, deren Zustand ein anderes Pflanzverfahren nicht zulässt. Ferner liefert es ein treffliches Mittel, jene Böden zu sichern, in welchen die Runsenbildung im Entstehen begriffen ist. Hiebei werden vorteilhaft die Erlen, Weiß- oder Bergerle, verwendet, die zweijährig, in bewurzeltem Zustande zur Versetzung gelangen. Allein auch Stecklinge kommen in Gebrauch. Auch werden zu derlei Pflanzungen in Frankreich gerne die Akazie, die Hasel, der Hagebuttenstrauch und die Briançon-Pflaume, die bis zu einer Höhe von 2200 m ansteigt, verwendet. Bei Akazienpflanzungen empfiehlt es sich, diese nach dem ersten, der Pflanzung folgendem Jahre und zwar noch vor Eintritt der Saftbewegung wieder bis knapp an den Boden zurückzuschneiden, um schöne, kräftige Triebe zu erzielen.

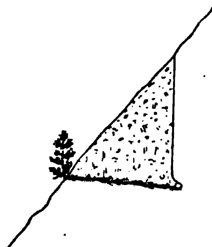


Fig. 42.
Cordonpflanzung.

Auf weniger geeignetem Boden, oder auch in sehr steiler Lage, wo die Herstellung der Banquette mit Schwierigkeiten verbunden wäre, dann wo der Kostenpunkt in Frage kommt, kann das einfache Bestecken des Hanges mit Stummelpflanzen, insbesondere mit Erlenstummeln, wobei die Bergerle besonders verwendbar ist, zu sehr guten Ergebnissen führen. Bei derartigen Pflanzungen wird das Stämmchen am besten unmittelbar vor dem Versetzen, also auf der Aufforstungsfläche, mit einem kleinen, kurz gestielten und scharfen Beile etwa 5—10 cm über dem Wurzelstock abgehauen und hierauf die Wurzeln, insbesondere die Pfahlwurzeln, zugestutzt. Wurzeln, welche sich mit dem Beile nicht behandeln

lassen, sind mit der Schere oder der Kneipe zu beschneiden. Das Stummeln empfiehlt sich übrigens bei der Mehrzahl der zu verwendenden Laubhölzer.

Im Falle der Pflanzung von bewurzelten Pflänzlingen, die aber auf steilen brüchigen Hängen schon deshalb nicht gut in Anwendung zu bringen ist, weil die Herstellung eines Pflanzenloches nötig fällt und weil die Bodenbefestigung bei weitem nicht in jenem raschen und gutem Maße erfolgt, wie beispielsweise bei der Cordonpflanzung, kann zur gewöhnlichen Löcherpflanzung, Einzelnpflanzung mit oder ohne Ballen, und zur Büschelpflanzung geschritten werden. Gerne werden die Laubhölzer im Alter von 3—4 Jahren in Büscheln von 2—4 Individuen, die Nadelhölzer im Alter von 2—3 Jahren gepflanzt. Die kostspielige Ballenpflanzung ist weniger gebräuchlich. Um die Pflanzen vor Ausfrieren und Austrocknen zu schützen, können dieselben auch versenkt verpflanzt werden, so dass nur die obersten Zweige über die Böschungskante heraussehen.

Eine bei steilen Böden angewendete Pflanzung, in Frankreich „Plantation par mottes" genannt, besteht darin, dass ein quadratisches Loch von etwa 0,4 m^2 Grundfläche und 0,3 m Tiefe ausgehoben wird und in dasselbe zwei Rasenstücke, die Wurzeln zusammenstoßend, gelegt werden. Auf diese wird die Pflanze gesetzt, mit Erde umgeben und das Loch zugefüllt.

Die Pflanzmethode nach Planque (Barcelonette) besteht in Folgendem:

Sobald das Pflanzloch hergestellt ist, wird dasselbe bis zu einer gewissen Höhe mit lockerer Erde gefüllt und die Pflanze derart hineingesetzt, dass der größte Teil der Wurzeln nach einer bestimmten Richtung zu liegen kommt, worauf die Pflanze mit Erde entsprechend befestigt wird. Mit einem einzigen, passenden Stein wird sodann die Stelle, wo sich die Wurzeln befinden, bedeckt. Die Richtung der Wurzeln und die Lage des Steines sind so gewählt, dass die auf den Stein auffallenden Sonnenstrahlen nicht auf die Pflanze reflectiert werden. Bei Südlagen kommen Wurzeln und Stein gegen Norden zu liegen. Unter dem Stein sammelt sich Feuchtigkeit an, die den Wurzeln zugute kommt; auch wird die Pflanze vor dem Reflexe der Sonnenstrahlen besser geschützt.

Ein etwas abweichendes Verfahren ist die in Frankreich geübte Korbpflanzung nach Carrière. Sie besteht in der Herstellung eines Loches von der Form eines verkehrten Kegelstumpfes,

an dessen Wandungen eine Anzahl 3—4jähriger, 0,1—0,15 m von einander abstehender Laubholzstämmchen gepflanzt werden. Das Loch wird mit fruchtbarer Erde ausgefüllt. Auf diese Weise werden Vegetations-Centren gebildet, die sich bald durch Ausschlag ausbreiten können. Diese Pflanzung ist auf wenig geneigtem Boden immerhin gut verwendbar. Wo die Gefahr des Ausfrierens vorhanden, werden auf die Lochfüllung, um die Pflänzlinge herum, Steine gelegt.

Die Aufforstung kahler brüchiger Hänge kann durch Legen von Rasenplaggen gefördert werden, wenn solches Material zur Verfügung steht. Allerdings ist ein solches Verfahren im Hochgebirge, unter den dort herrschenden Boden- und Gefällsverhältnissen, bei der auch in der Regel großen Ausdehnung des Bruchterrains, seltener, öfter dagegen in den Berg- und Hängeländern anwendbar.

Die einzelnen quadratischen Rasenstücke von etwa 20 bis 25 cm Seitenlänge werden mit etwa 1 m langen Pfählen an die Böschung derart geheftet, dass die Pfahlentfernung beiläufig 2 m beträgt. In den Zwischenräumen kann die Pflanzung leichter erfolgen. In die Rasenstücke können überdies Weidenstecklinge gesteckt werden. Die Rasenplaggen können auch, wie dies in Abbildung Nr. 61, Seite 160, zu ersehen war, schachbrettartig angeordnet, und in die so gebildeten Zwischenräume Pflanzen eingesetzt werden.*)

In den Pyrenäen werden mit Rasenplaggen gerne 50 cm breite, horizontale Streifen, die an den Boden festgenagelt sind, gebildet und sodann die etwa 2 m breiten Zwischenräume mit Gras, Calamagrostis, Anthyllis, besäet und sodann bepflanzt.

Wird die Pflanzung durch vorhergegangene reihenweise Verflechtung unterstützt, so ist der Erfolg ein wesentlich gesicherterer. Die Einzäunung einzeln oder in Büscheln gesetzter Pflanzen durch kleine, sei es runde, sei es dreieckförmige, mit der Spitze nach aufwärts gekehrte Flechtwerke, ist eine zu kostspielige Maßnahme, als dass sie ernstlich in Betracht zu ziehen wäre.

Zwischen Flechtzäunen, aber auch ohne diese, eignen sich Einzelpflanzungen im Dreiecksverbande, weil der Boden besser gebunden und das Entstehen von kleinen Wasserrinnen leichter verhindert wird. Für den Abstand der Reihen und Pflanzen wurde in Tyrol bei Akazien und Erlen zwischen Flechtwerk 1 m gewählt. Bei den übrigen Holzarten richtete sich der Reihen- und Pflanzenabstand danach, ob wegen Lockerheit oder Entblößung des Bodens

*) Auch Rhododendron- oder Vaccinium-Plaggen können gute Dienste leisten, doch sind sie an steilen Stellen anzupflocken.

oder wegen gefahrdrohender Lage eine baldige Herbeiführung des Schlusses wünschenswert oder ob derselbe wegen des vorhandenen schützenden Bodenüberzuges länger entbehrlich schien.

In einer Abhandlung über die Verbauung des Wildbaches von Rieulet (Hoch-Pyrenäen) weist Dellon[218]) darauf hin, dass sich dort die Herstellung von oberflächlichen Entwässerungsgräben, „Banquettes rigoles", im Vereine mit anderen Lehnenversicherungsarbeiten nicht bewährte, weil diese Gräben nur das Einsickern des Wassers begünstigten und zu neuerlichen Bodenabbrüchen Veranlassung gaben, was die an anderer Stelle, Seite 169, zum Ausdruck gebrachte Anschauung bestätigt.

Eine eigenartige Versicherung brüchiger Hänge durch Aufforstung ist die seit längerer Zeit in Japan geübte:*)

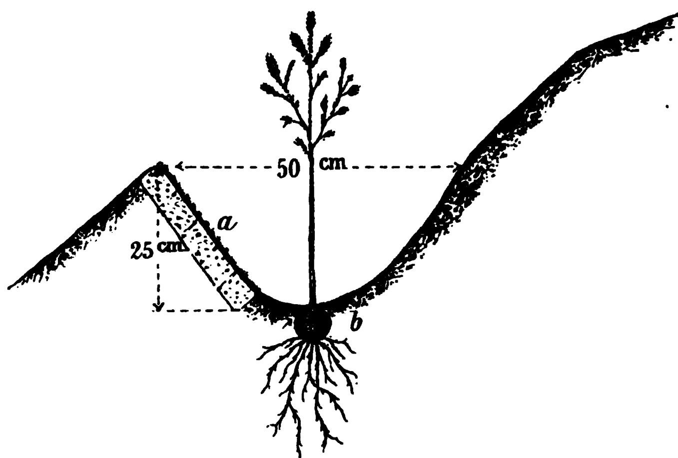


Fig. 43.

Im Hange werden 50 cm breite, 25 cm tiefe, horizontale, und von einander, in schiefer Richtung gemessen, 1,8 m entfernte Rinnen gegraben und gewöhnlich mit Kiefer, Pinus Thumbergii, in 1,2 m Verband gepflanzt, Fig. 43. Der Rand der Rinne wird innen mit Stückrasen *a*, welcher 20 cm lang, 15 cm breit und 6 cm stark ist, befestigt. Zu bemerken ist, dass der obere Theil des Wurzelstockes der Pflanzen behufs Düngung mit einem Strohbande *b* umwickelt wird.

218) „Les travaux de correction." Torrent du Rieulet (Haute Pyrénés; von M. Dellon. Paris 1900.

*) Nach Mittheilung der Herren Dr. Shitaro Kawai und Dr. Otokichi Watanabe.

Ist die Neigung des Hanges eine starke oder der Boden hart, so dass das Fortkommen der Pflanzen in Frage steht, so wird in folgender Weise vorgegangen: In schiefen Entfernungen von 28

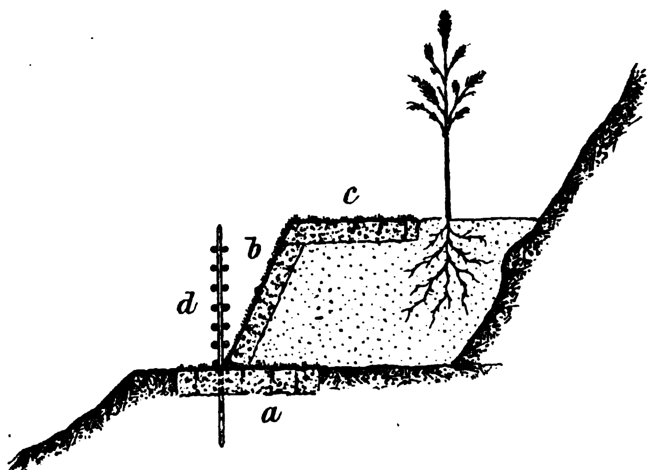


Fig. 44.

bis 36 cm werden im Hange Staffeln errichtet und auf diese verschiedene Straucharten mit Ballen, gerne die Erle, Alnus firma, var. multinervis, welche ihre flache Wurzel weit und dicht verbreitet, gepflanzt, wenn der Boden eine weitere Zurichtung nicht erheischt. Ist es notwendig, auf die Staffeln kulturfähigen Boden zu legen, so muss dieser in der Regel befestigt werden. Dies geschieht in der in Fig. 44 ersichtlich gemachten Weise durch Stückrasen, der als Grund-, Pflaster- und Deckrasen *a*, *b*, *c* dient. Wo Rasen leicht zu beschaffen ist, wird die Erdanschüttung mit demselben befestigt. Die Rasen können mittelst Bambusnägel mit dem Terrain besser verbunden sein. Die Pflanze wird auch hier in angedeuteter Weise mit Stroh umwickelt, oder aber es wird am Boden des Pflanzloches ein 6 m langes, 12 cm starkes Strohband behufs besserer Düngung eingelegt.

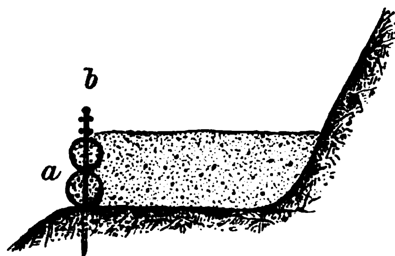


Fig. 45.

Bei sehr starker Neigung des vielleicht auch feuchten Hanges werden außer der eben angegebenen Versicherung noch Flechtzäune *d* verwendet, die auf den Grundrasen *a*, Fig. 44, zu setzen sind. Der Flechtzaun besteht aus 45 cm langen, 4 cm starken Pflöcken, die in Entfernungen von 36 cm nach Bedarf durch den Rasen in den Boden eingetrieben und sodann mit Geäste verflochten werden. Die Entfernung der Flechtzäune der einzelnen Staffeln beträgt in der Regel 1,8 m.

Auf sanft geneigten Flächen mit weichem Boden werden 20 cm breite, 23 cm tiefe Rinnen in zwei sich in etwa 130° ausweichenden Richtungen derart gegraben, dass je zwei solcher Rinnen auf der Bodenfläche ein Rhombus bilden, dessen Diagonalen 2 und 4 m betragen. In diese Rinnen werden Strohbänder derart gelegt, dass sie zur Hälfte aus dem Boden herausragen; diese Bänder werden mit Bambusnägeln an dem Boden befestigt. Auf der zwischen den Rinnen liegenden Fläche werden vier bis sieben Stück Pflanzen gesetzt. Die Strohbänder dienen zur Düngung und Befestigung des Bodens.

Auf sehr steilen Berghängen werden Terrassen von 60 cm Breite in 3 bis 4 m Entfernung ausgehoben und auf diese zwei und mehr Strohbänder *a* nach Fig. 45 und Abbildung Nr. 76 gesetzt. Diese werden mit 60 cm langen, 4 cm starken Holznägeln *b* in einer Entfernung von 6 cm mit dem Boden und unter sich befestigt. Die Pflöcke werden sodann 15 cm hoch mit Geäste verflochten. Der Innenraum zwischen Hang und Strohband wird mit Sand und Erde gefüllt und bepflanzt. Auch kann, um den Boden zu befestigen und wenn das Strohband nicht genügen sollte, an seine Stelle ein Reisigband gesetzt werden.

Im ebenen Terrain, so in Thalmulden, wird quer über die Mulde ein Reisigband und darüber wieder quer, sonach in der Richtung des Thallaufes, loses Reisig gelegt. Die Befestigung beider Bänder mit dem Boden geschieht mittelst Holznägeln, welche durch das Reisigband in den Boden reichen und mit Aesten verflochten werden. Das gesamte Reisig wird mit Erde bedeckt und in diese Kiefer oder Erle gepflanzt. Auch können an Stelle des losen Reisigs Reisigbänder verwendet und in mehreren Lagen angebracht werden, wobei die Höhe aller Lagen zusammen etwa 50 cm beträgt und die einzelnen höheren Lagen stets etwas zurückweichen. Das empfiehlt sich in dem Falle, wenn der Thalboden nicht ganz eben, sondern etwas geneigt sein sollte. Bei Verwendung von

Wacholder, Juniperus rigida, für die Reisiglagen, kann rasch eine Begrünung des Terrains erzielt werden.

Zur Veranschaulichung der in Japan herrschenden Verhältnisse dienen noch die Abbildungen Nr. 77 und Nr. 78, von welchen



Abbildung Nr. 76. Lehnenbindungen in Japan.

die erstere eine Lehnenverflechtung und einen Thalsperrenbau, jene Nr. 78 Verheerungen in den Bachläufen zeigen.[219])

Was die Saat anbelangt, so kann dieselbe für den vorliegenden Zweck kaum in Betracht kommen. In Frankreich, wo man schon

219) „Wildbachverbauungen in Japan"; von Ferdinand Wang. Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst. Heft 23, 1902.

im Jahre 1859 größere bezügliche Versuche unternommen hat, ist die Saat, sei es als Rillen-, Plätze- oder Löchersaat, verlassen worden. Großer Saatgutverlust durch Raupen und Vögel, schädliche Wirkung des Baarfrostes an den jungen Pflänzlingen, waren die



Abbildung Nr. 77. Lehnenbindungen und Thalsperrenbau in Japan.

Ursache. Die Saat ist thatsächlich nur auf jene Holzarten zu beschränken, deren Anzucht in Pflanzgärten schwierig ist, oder die sich an und für sich zur Aussaat besser eignen. Für den vorliegenden Zweck wäre in dieser Richtung nur die Akazie zu nennen, die im allgemeinen durch Samen besser als durch Pflanzung zu ziehen ist. Auch die Birke, insofern ihre Anzucht erwünscht

wäre, ist vorteilhaft anzusäen. Auf besseren Boden können bei feuchter Witterung auch Weiß- und Grünerle, mit Heublumen oder Erde gemischt, gesät werden.

Als allgemeiner Grundsatz wäre noch hinzuzufügen, das die Aufforstung kahler Hänge nach und nach, vom Fuße derselben nach aufwärts hin, zu erfolgen hat.

Was die Kulturzeit anbelangt, so ist das Frühjahr unbedingt vorzuziehen, zumal die jungen Pflanzen bis zum nächsten Winter,



Abbildung Nr. 78. Wildbachverheerungen in Japan.

auf steilen Böden insbesondere, erstarken und Wurzel fassen müssen, um namentlich nicht durch Schneebewegungen sofort ausgehoben zu werden. Allerdings hat die Herbstkultur der hier vornehmlich in Betracht zu ziehenden Laubhölzer im Hochgebirge insofern großen Vorteil, als dort die Frühjahrskulturperiode zumeist eine sehr kurze ist und das Pflanzgeschäft nicht rasch genug bewerkstelligt werden kann, um das verwendete Material vor zu frühem Ausschlag zu bewahren. Auch ist der Herbst zumeist ein länger andauernder und die Zeit der vollen Saftruhe kann abgewartet werden. Im Falle der Cordonpflanzung mit

Banquettes, wo Schneeabgang nicht so sehr zu befürchten ist, wird daher zumeist Herbstpflanzung angewendet werden.

Aus den vorerwähnten Gründen eignet sich die Herbstpflanzung im Hochgebirge für umfangreiche Lärchenkulturen. Auch die Zirbe wird mit Vorteil im Herbste gepflanzt; gegen Auffrieren und Schneeschub ist der Pflanzteller mit Steinen zu belegen.

Die Aufforstung der Verlandungen und der Rinnsale.

Dort, wo es sich um die Beruhigung stark durchrunster Hänge handelt und wo die Begrünung der Runsen erwünscht ist, oder wo auf die Bepflanzung der Verlandungen in breiteren Rinnsalen Gewicht gelegt wird, ist mit den bezüglichen kulturellen Maßnahmen noch vor Aufforstung des Gehänges zu beginnen.

Im allgemeinen empfiehlt sich auch hier die Anzucht von Laubhölzern, weil diese das Versetzen noch in einem gewissen Stadium der Entwickelung vertragen und im Vergleich mit den Nadelhölzern besser der Zurückhaltung des Geschiebes dienen.

Was zunächst die Aufforstung der Verlandungen anbelangt, so sind jene Holzarten vorzuziehen, welche feuchten, frischen Boden lieben, und welche unter den hier in der Regel günstigen Standortsverhältnissen auch vielleicht Erträge liefern können. In Frankreich kommen zu diesem Zwecke bei zusagendem Standorte gerne Esche, Ulme und Ahorn in verschulten Exemplaren in größeren Abständen zur Verpflanzung. Stecklinge von Weiden, Pappeln und Erlen, Weiß- und Bergerle, werden gerne unterbaut. Der reiche Ausschlag der beiden ersten Holzarten kann bald für andere Oertlichkeiten gutes und viel Material liefern. Von den Weidenarten eignen sich zur Bepflanzung von Verlandungen namentlich die Korbweide, die Purpurweide, var. rubra, die Mandelweide, die sanddornblättrige Weide, dann die gemeine Blutweide, Salix daphnoides. Letztere namentlich für die höheren Lagen.

Verlandungen, welche öfter vom Wasser bespült werden, daher einen höheren Grad von Feuchtigkeit besitzen, werden vorteilhaft mit Pappelsetzstangen als Oberholz und mit Weidenstecklingen als Unterholz bepflanzt. Auf Verlandungen werden auch mitunter Pflänzlinge, die bereits eine gewisse Länge, 1 bis 2 m, besitzen, gelegt. Man nennt dieses in Frankreich angewendete Verfahren „Marcottage“. Solche Pflänzlinge, zumeist Buchen, Weiden und Erlen, werden in 0,2 m lange und 0,1 m tiefe Furchen

derart gelegt, dass die Gipfel herausragen. Die Pflanze wird mit einer Holzgabel in der Furche befestigt und diese wieder zugefüllt. Auch kommt die an anderer Stelle erwähnte Verwendung von Steckreisern, „Couchage de saules“, in Gebrauch. Die Furchen sind dann gegen das Rinnsal geneigt, und es liegen die Steckreiser gleichmäßig, d. h. stets mit dem starken Ende dem Wasser zugekehrt. Die Bepflanzung von Verlandungen ist aus der



Abbildung Nr. 79. Bepflanzung von Verlandungen in Périmètre de Rémollon (Hautes-Alpes), Frankreich.
Aus: „Reboisement et Gazonnement des montagnes“; von Eugène de Gayffier.

Abbildung Nr. 79 ersichtlich. In den französischen Alpen wurden Verlandungen mitunter künstlich hergestellt. Dort nämlich, wie z. B. in dem Wildbache von Curusquet, Niederalpen, wo das Bett und die Ufereinhänge eine große Runsenzahl im felsigen Mergel aufwiesen, der, vollständig kahl, beständig unter dem Einflusse der Atmosphärilien zerfiel, füllte man die Runsen mit jenem Schutte aus, welcher aus den weniger harten, am Ufergehänge vorhandenen Mergelblöcken gewonnen wurde. Darauf wurden sodann kleine Faschinenquerwerke gesetzt und die Zwischenräume bepflanzt.

Aehnliches geschah im Wildbache Rémollon, Hochalpen, wo Alluvialschotter an Stelle des Mergels tritt. In beiden Fällen pflanzte man Akazie, Ahorn, Bohnenbaum, Weiden und Pappeln, die ersteren vorteilhaft in trockenen Runsen. Im Wildbache von St. Marthe, Hochalpen, würde der Ausgleich derart vorgenommen, dass schärfere Vorsprünge des Hanges abgetragen und mit dem gewonnenen Materiale die benachbarten Rinnen und Terrainmulden ausgefüllt wurden. Auf die aufgeworfene Erde sind reihenweise aus Kiefern hergestellte Faschinen gelegt, und diese durch in den Felsen eingetriebene Lärchenpflöcke befestiget worden. Die Zwischenräume wurden mit Futtergräsern bepflanzt.

Eine weitere, die Runsensohle zur Begrünung bringende Versicherung ist die schon an anderer Stelle, Seite 122, besprochene „Garnissage“, das ist die Bedeckung jener mit Bäumen und mit ausschlagfähigem Astwerk, welche Versicherungsart sich in Frankreich bei Verbauung der Runsen in der sogen. „terre noire“ noch am besten bewährt hat.

Die Sohlen feuchter Runsen können auch mit Hilfe von Weidenästen, die in quer durch die Runse gezogenen Rillen von 0,1—0,15 m Tiefe von einer Böschung zur anderen zu liegen kommen, gesichert werden. Nur ist dafür zu sorgen, dass die Zweige hie und da über den Boden hervorragen. Die Wurzeln entwickeln sich rasch und festigen gut den Boden.

In Italien, Provinz d'Aquila, Périmètre Pizzoli-Arischia[206]), bepflanzt man die Verlandungen mit Akazien, Cytisus und Corylus bei gleichzeitiger Aussaat von Ginster und Lupine.

Andere Laubhölzer, wie Esche, Ahorn, Weißbuche und Ulme kamen, es sei dies nebenbei zur Charakterisierung der Verhältnisse bemerkt, im untersten Teile dieses Niederschlagsgebietes zur Anzucht, im oberen dagegen Kiefer, Zerreiche und zwar die letztere durch Saat. Im Périmètre von St. Guiliano kamen Weißföhre, Schwarzföhre zum Anbau und in jenem von Moronne außer den letzteren Holzarten auch Pinus pinaster. In diesem Wildbache, und zwar in der Höhe von 1700—1800 m, haben Saat und Pflanzung von Buche gute Resultate geliefert. Unter Kiefer als Oberholz hat die Saat von Zerreiche, Traubeneiche und immergrüner Eiche, Quercus ilex, gute Dienste geleistet. In den Hängen des letzteren Wildbaches wurden Esche, Ahorn, Hainbuche, Cytisus, gepflanzt und zugleich Ginster gesät. Im Périmètre von Popoli kamen Zerreiche, Traubeneiche und immergrüne Eiche zur Aussaat.

Die Aufforstung von Lawinenstrichen, Schutthalden, Schuttkegeln, von Schotter- und Sandflächen.

Hinsichtlich der Aufforstung von Lawinenstrichen, und zwar zunächst betreffend die Wahl der Holzart, ist hervorzuheben, dass in erster Linie an die Anzucht eines aufrechtstämmigen, kräftigen, dem Schneedrucke widerstehenden Bestandes gedacht werden muss. In erster Linie kommen sonach namentlich die sich in möglichst dichtem Schlusse erhaltenden Nadelhölzer in Betracht.

Die Zirbe, Pinus cembra, ist besonders für Hochlagen eine außerordentlich genügsame, kräftige Pflanze, die gerne zum Abbaue von Lawinen in den höchsten Lagen zur Verwendung kommt. Ihr zunächst reiht sich die geradstämmige Varietät der Bergföhre, die Spirke, Pinus montana var. uncinata. Nach abwärts wären diesen Holzarten die Lärche und noch tiefer die Fichte beizumischen. Auch der Bergahorn ist gut verwendbar.

Nach Coaz [41]) eignet sich vorzüglich Zirbe, aber auch Lärche, und bis etwa 1800 m auch Fichte für derlei Aufforstungen. Von Laubhölzern bis 1400 m auch Bergahorn. Zirbe gedeiht bis 2200 m. Für Lawinenverbauung ist diese Holzart namentlich deshalb anzuempfehlen, weil sie beim Versetzen selbst bei geringer Sorge und langem Liegen in Verpackung wenig leidet, gleich vom ersten Jahre ein kräftiges Stämmchen treibt, das unter Schnee sich nicht biegt und sehr widerstandsfähig ist; der Baum selbst trotzt bis in das hohe Alter dem Winde, dem Wetter und Schnee am besten.

Nach Pollak [44]) sind die reinen Lärchenbestände für Schneezurückhaltung, trotz des raschen Wachstumes gegenüber anderen Nadelhölzern, viel zu nachgiebig und elastisch. Selbst größere, mehrere Jahre alte Stämme leisten wenig Widerstand und biegen sich unter einem dichten, reichlichen Schneefall oder dem langsam wirkenden Drucke der anwachsenden Schneemassen. Kiefern leiden von Schneebruch viel, stellen sich auch licht, und die Buchen bekommen an Lehnen den bekannten Säbelwuchs, der auf wenig Widerstand in ihrer Jugendperiode hinweist. Deshalb sind die genannten Baumarten allein, d. i. ohne Mischung, für die Aufforstung in den Lawinenverbauungen nicht zu empfehlen.

Bei der an anderer Stelle erwähnten Lawinenverbauung auf der Schmittenhöhe erfolgte in einer Meereshöhe von 1500—1880 m und darüber, die sorgfältigste Pflanzung u. zw. bis 1700 m mit Fichte und Lärche, von 1700—1800 m mit Zirbe und Lärche, darüber

hinauf nur mit Zirbe. Die Spirke kam an Anbruchstellen, die im Lawinenstriche liegen, zur Anpflanzung.

Bei der gleichfalls schon erwähnten Lawinenverbauung im Lahngraben, in einer Höhe von 1100—1500 m, kamen und zwar bei Schonung des stellenweise vorkommenden Fichten- und Lärchenjungwuchses, die Fichte, Weißföhre und Spirke zur Anpflanzung.

Die Kulturfläche am sog. Blasseggebiet, Blisadonatobel, Seite 92, liegt in einer Meereshöhe von 1300—1960 m und reicht daher im oberen Teile um ein Bedeutendes über die gewöhnliche Waldvegetationsgrenze (1800) hinaus. Ihr oberer Teil war auch nie bestockt und wurde stets als Mahd genutzt. Mit der Kultivierung wurde im Jahre 1890 begonnen, wobei die meisten einheimischen Holzarten, wie: Fichte, Zirbe, Lärche, Bergahorn und gemeine Esche versuchsweise angebaut wurden. Als Kulturmethode gelangte nur die gewöhnliche Lochpflanzung in Anwendung und wurde bei derselben das Hauptgewicht darauf gelegt, die Pflanzstellen in einer Ausdehnung von mindestene 20—25 cm im Gevierte und etwa 20—25 cm Tiefe ordentlich zu bearbeiten, um die Pflanzen richtig einsetzen zu können. Dort wo die erforderliche Feinerde mangelte, wurde Boden zugetragen und die Pflanzlöcher damit ausgefüllt. Von den verwendeten Pflanzengattungen, welche zum großen Teile als 5jährige verschulte und nur zum geringeren Teile als 3jährige nichtverschulte Pflänzlinge versetzt worden sind, zeigt die Lärche, Spirke und Zirbe das frohwüchsigste Gedeihen, während die Fichte, Bergahorn und gemeine Esche, diese letzteren wurden nur in den untersten Lagen verpflanzt, ein weniger gutes Fortkommen aufweisen. Obwohl durch die stetige Ausführung des eigentlichen Lawinenverbaues die Anpflanzungen oftmals in ihrem Gedeihen beeinträchtigt wurden und auch zum Teile noch heute beeinträchtigt werden, so sind trotzdem schon einige Flächen dieser Kulturen schön herangewachsen und kann die durchschnittliche Pflanzenhöhe derselben mit 50—80 cm angenommen werden. In etwa 20 Jahren werden die Pflanzungen den Lawinenschutzbau vollkommen ersetzen. Dieser letztere, zumeist Trockenmauern, kann in Zukunft den Nachteil haben, dass im Falle seines Zerfalles Pflanzen beschädiget, noch mehr aber, herabrollende Steine die Arlbergbahntrace gefährden können, weshalb auf eine diesfällige Sicherung wird Bedacht genommen werden müssen.

Was die Kulturmethode betrifft, so ist zum Zwecke der Lawinenverbauung die Pflanzung Regel; die Saat, und dann

zumeist die Schneesaat, ist Ausnahme. Die Pflanzen sollen stufig erwachsen, lieber etwas älter, 4—6jährig, als jünger sein. Mangelhaft bewurzelte Pflanzen sind zu vermeiden.

Oft und zwar in rauhen Lagen, empfiehlt sich die Büschelpflanzung, 3—5 Stück verschulte Fichtenpflanzen, und zwar namentlich dort, wo durch die Schubkraft des Schnees einzelne Pflanzen leicht niedergedrückt werden könnten.

Die Pflanzlöcher sind größer zu halten und auf schlechtem, steinigem Boden mit guter Erde zu füllen. Tiefes Einsetzen ist nicht ratsam; jedweder Schutz gegen äußere Einwirkungen ist geboten. Daher sind die Pflanzen gerne vor alte Stöcke, oder am Boden liegende Stämme, Steine, vor Gebüsch etc. zu setzen. Die Entfernung der Pflanzen kann zwischen 1 bis 1,5 m betragen; ein regelmäßiger Verband ist nicht notwendig, vielmehr sind bei Außerachtlassung der Regelmäßigkeiten die passenden Oertlichkeiten auszunützen. Bei steilem Terrain ist es gut, die Pflanzen an die untere Kante des Pflanztellers zu setzen, damit sie nicht so leicht verschüttet werden.

Im Falle der Schneesaat ist es immer vorteilhaft, schon im Herbste horizontale Rillen zu ziehen, in welchen die mit Schnee oder Regen abgehenden Samen geeignetes Keimbett finden. Allerdings gelingt die Schneesaat in rauhen Lagen in der Regel nur dann, wenn der Boden berast ist und die jungen Pflanzen etwas Schutz gegen das Ausfrieren finden können. Unter allen Umständen ist fleißige Nachbesserung geboten.

Zur Aufforstung von Schutthalden, Schuttkegeln oder auch Schotterfeldern, von welchen die letzteren den Lauf der Wildbäche der Berg- und Hügelländer zumeist in weiten Strecken umsäumen, sind in erster Linie die mehr Buschwerk bildenden Laubhölzer in Betracht zu ziehen, und das schon namentlich aus dem Grunde, weil die Inundationsgebiete auf Schuttkegeln und auf den letzt gemeinten Schotterfeldern von hochstämmigem Holze frei gehalten sein sollen. Auf steinschlaggefährlichen Schutthalden sind die Laubhölzer auch deshalb vorzuziehen, weil bei ihnen Verwundungen des Stammes leichter ausheilen.

In erster Linie kommen wieder die Erlen und Weiden in Betracht. Im Uebrigen sind anzuführen: für Hochlagen die Legföhre und die Spirke, für mittlere Lagen der Bergahorn, der Bohnenbaum, für mehr sandige Lagen, mit Gebirgsschutt und Gerölle als Unterlage, der Sanddorn. Auf Schutthalden, welche außerhalb des Inun-

dationsgebietes liegen, kann sich auch, wenn Steinschlag nicht zu befürchten ist, die Anzucht von Schwarz- und Weißföhre, Lärche und Fichte empfehlen. Auf Schutt-, namentlich auf Lawinenkegeln, sind häufig verschiedene Sträucher und krautartige Gewächse anzutreffen, welche thunlichst zu schonen sind. Unter denselben wären zu nennen: Lonicera alpigena, nigra und xylosteum, Sambucus racemosa, Juniperus communis und nana, Rubus saxatilis, Ranunculus alpestris, Linaria alpina, Dryas octopetala, Saxifraga Aizoon, Biscutella laevigeata, Hieracium Pilosella, Globularia cordifolia, Arabis alpina, u. a. m.

Die Bestandsbegründung auf Schutthalden erfolgt vorteilhaft durch Pflanzung und nicht durch Saat, und zwar zumeist mit Hilfe von Ballen- und Büschelpflanzung. Die Pflanzlöcher werden, wenn möglich, so tief ausgehoben, bis die mit Erde vermengten, durch Regen und Schnee in die unteren Schichten herabgeführten Verwitterungsprodukte der oberen Felspartien angetroffen werden. Die dort eingesetzten Ballen- und Büschelpflanzen, 3—5 Pflanzen, 3—5jährig, werden mit besserer Kulturerde umgeben. Geringe Pflanzenweite ist ratsam und es sollen die Pflanzenreihen nicht in der Richtung des größten Gefälles verlaufen, weil so auf steilen Steinhalden den abrollenden Steinen Gassen geboten würden. Bei Aufforstungen in sehr steinigem, grobschottrigem Terrain muss für Zufuhr von Kulturerde gesorgt werden. Ist das nicht thunlich, so erübrigt nur zur Saat zu schreiten, welche dann in höheren Lagen als Schneesaat auszuführen ist. Sie gelingt jedoch gewöhnlich nur dann, wenn das Gerölle nahezu natürlich abgeböscht ist und sich dank der Entwickelung einzelner Gräser und Leguminosen sowie Sträucher wenigstens ein wenig mit Humus bedeckt hat. Man kann auch nach der Schneeschmelze auf den Schutthalden Vollsaaten ausführen, doch muss der Same möglichst tief in den Steinhaufen gebracht werden, um ihn vor Austrocknung und Abschwemmung zu bewahren. Sorgfalt bei der Kultur und fleißige Nachbesserung sind geboten. Stufig verwachsene, akklimatisierte Pflanzen sind zu wählen. Gegen Steinschlag sind eventuell einzelne Pflanzen durch vorgeschlagene Pflöcke und vorgelegte Steine zu schützen.

Immerhin kömmt zu berücksichtigen, dass derartige Aufforstungen mit erheblichem Kostenaufwande verbunden und dass sie daher nur in ganz besonderen Fällen durchzuführen sind, dies um so mehr, als der Steinschlag zumeist doch nur von geringerer

Bedeutung für das Verhalten der Gewässer ist, ihm in den meisten Fällen nur eine örtliche Bedeutung für Kommunikationen, Baulichkeiten u. dgl. mehr zukömmt.

Wie hervorgehoben, ist bei derartigen und ähnlichen Pflanzungen gute Kulturerde von nöten, welche, wenn nicht in der Nähe vorhanden, vielleicht in dem nächst gelegenen Rinnsale durch Anlage kleiner Deiche, Kolmationsdeiche, zur Einführung und Ablagerung von Schlammwasser, gewonnen werden kann.

Die Aufforstung der Schuttkegel kann auf ähnliche Weise erfolgen, doch entbehren derartige Oertlichkeiten zumeist besserer Kulturerden nicht, ja sind oft zur Kultivierung sehr geeignet, weshalb das Verfahren ein wesentlich einfaches ist und oft nur in dem Bestecken des Kegels mit Stecklingen oder Stummelpflanzen bestehen kann. Auch ist zu berücksichtigen, dass ausgedehnte Schuttkegel in der Regel nur in den tieferen Lagen, am Ausgange der Wildbachschluchten zu finden sind.

Die ausgedehnten Kies- und Schotterfelder, welche namentlich die Thalläufe der Wildbäche der Berg- und Hügelländer ausfüllen und vorwiegend Auboden bilden, können, insoweit sie nicht Moore oder strengen undurchlässigen Boden aufweisen, als natürliche Standorte der Erlen und Weiden angesehen werden.

Die Kultivierung erfolgt am besten mit Hilfe von Stummelpflanzen oder Schnittstücken auf die schon besprochene Weise. Lückige Erlen- und Weidenverjüngungen könnten durch „Absenker" vervollständigt werden.

Hat der Boden mehr den Charakter des Flugsandbodens oder ist es reiner Flugsand, wie das bei einzelnen Bächen der Berg- und Hügelländer und der Ebene der Fall sein kann, so hat sich die Kulturmethode jener bei Dünen- und Flugsandaufforstungen geübten anzupassen. Diese ist allerdings je nach der Oertlichkeit und Bodenbeschaffenheit eine sehr verschiedene. Zumeist ist zu trachten, vorerst durch Anzucht entsprechender Gräser, so Arundo arenaria, Elymus arenarius u. dgl. m., den beweglichsten Teil des Bodens zu binden und ihn nach einigen Jahren zur Holzzucht geeignet zu machen. Allerhand Strauchwerk, Buschwerk, aus Wachholder, Ginster, Topinambur u. dgl. m. bestehend, sollen den jungen anzubauenden Holzpflanzen Schutz gewähren. Zur Anpflanzung eignen sich die Weiß- und die Schwarzkiefer, die erstere am besten zweijährig, Akazie, Birke, auch die Bergkiefer und die kanadische Pappel. Die erstere Holzart ist die gebräuchlichste.

Die Pflanzung geschieht mit 3—4jährigen Ballenpflanzen oder mit Jährlingspflanzen, die dann aber auf die Nordseite gesetzt werden. An den französischen Meeresküsten, namentlich im Departement der „Landes“, kommt die Strandkiefer, Pinus maritima, zumeist mit Ginster zur Aussaat. Die jungen Pflanzen werden mit Strauchwerk zum Schutze vor den Sonnenstrahlen bedeckt.

In Deutschland werden flüchtige Seedünen vor der Pflanzung mit Strauchzäunen durchzogen, welche in der Regel Quadrate von 3—4 m Seitenlänge bilden. Innerhalb dieser bestrauchten Quadrate erfolgt nach vorheriger Düngung die Bepflanzung auf 1 m von einander entfernten, 30 cm tief hergestellten Pflanzenplatten, auf welche je 4 Pflanzen, Pinus sylvestris, 1jährig, oder Pinus uncinata, 2jährig, ausgesetzt werden. Auf frischen Flächen findet Alnus glutinosa und zuweilen auch Picea alba Verwendung.

Die Aufforstung des eigentlichen Heidödlandes theilt sich nach der deutschen, holländischen und belgischen Art.

Nach der ersteren werden in vorher bearbeiteten Streifen drei Reihen Eichen gesäet, und diese beiderseits mit einer Pflanzreihe Kiefern begrenzt. Auf den sehr trockenen, rein sandigen Flächen werden die Streifen mit Nadelholz besäet oder bepflanzt.

Nach der holländischen Art werden die Streifen mit Weiß- oder Schwarzkiefer, dann Fichte besäet; auf den unbearbeitet bleibenden Streifen werden Roteichen gepflanzt.

Nach der belgischen Art werden die vielfach vorhandenen Kiefer-Krüppelbestände eingeschlagen, die Flächen gerodet, gedüngt, im ersten und zweiten Frühjahre mit Lupinen besäet und im Herbste wieder umgeackert, neuerlich gedüngt, im dritten Jahre wird Korn gesäet, im vierten Jahre neuerdings Lupinen gesäet und eingeackert und im fünften Jahre Kiefer angebaut.

Bezüglich dieser und mancher anderen, voran beschriebenen Aufforstungen sei außer auf die schon an anderer Stelle bezogenen, noch auf die in der Fußnote namhaft gemachten, teilweise in jüngster Zeit erschienenen literarischen Arbeiten verwiesen. [220, 221, 222, 223, 224, 225])

220) „Der europäische Flugsand und seine Kultur“, von Josef Wessely. Wien 1873.

221) „Ueber Aufforstung von Oedungen“, von Prof. Dr. A. Freih. von Seckendorff. Wien 1879.

222) „Die Aufforstung der öden Ebenen und Berge Deutschlands“, von F. von Bodungen. Strassburg 1881.

Die große Feuersgefahr, unter welcher namentlich ausgedehnte Dünen- und Flugsandaufforstungen zu leiden haben, macht es lehrreich zu wissen, welche Schutzvorrichtungen diesbezüglich in Frankreich getroffen werden. Die in der Fußnote angegebene Abhandlung gibt hierüber guten Aufschluss.[226])

Die Aufforstung von sonstigem Kultur- und Oedland.

Eine kurze Anleitung, und es kann sich hier nur um eine solche handeln, über die Aufforstung von gewissem Kultur- und im Vorstehenden noch nicht besprochenem Oedland zu geben, ist in Anbetracht der sehr verschiedenartigen Verhältnisse, mit welchen zu rechnen ist, keine einfache Aufgabe.

Das vorgezeichnete Ziel vor Augen habend, d. h. Mittel anzugeben, in welcher Weise die Bewaldung in den Wildbachgebieten so weit als möglich zu ergänzen ist, wäre zunächst die Aufforstung jener Hänge in Betracht zu ziehen, welche zwar stabil und in irgend eine Kultur gesetzt, aber im Interesse des Verhaltens des Gewässers bewaldet werden sollen.

Bei kahlen, sonst stabilen Lehnen, deren Boden in Folge langen Brachliegens und in Folge der Beweidung sehr herabgekommen ist, wird nicht sogleich zur Bewaldung geschritten, vielmehr die Anzucht weniger anspruchsvoller Holzarten angestrebt.

Nicht selten finden sich solche bereits auf der Aufforstungsfläche vor, so z. B. — je nach dem Standorte — Weide, Aspe, Birke, wilde Rose, Schlehen, dann Wachholder, Schneeball, Traubenholunder u. a. m.

Solche Pflanzen sind zu schonen und sollen, Wachholder ausgenommen, behufs Erzielung reichlichen Ausschlages auf den Stock gesetzt werden. Der natürliche Strauchwuchs kann auch auf die Weise begünstigt werden, dass die langen und biegsamen Stocktriebe zu Boden, beziehungsweise mit allen ihren Verzweigungen in

223) „Die Sicherstellung unserer Flussufer und Rutschhalden“, von Robert Lauterburg. Bern 1886.

224) „Ueber Oedlandaufforstungen.“ Referat des Forstrates Matthes bei der Versammlung des Vereines Thüringer Forstwirte zu Coburg. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung. Januar und Februar 1902.

225) „Die Dünen von Grado, ihre Festlegung und Aufforstung von Konrad Rubbia. Oesterr. Forst- und Jagdzeitung. Nr. 25 u. 26, 1902.

226) „La défense des forêts contre les incendies“, von M. Delassasseigne. Paris 1900.

eine herzustellende 10 – 15 cm tiefe Rinne gelegt, mit Erde leicht bedeckt und festgetreten werden, so dass das andere Ende des Triebes aus dem Boden herausragt.

Bei der eigentlichen Bestandesbegründung ist die Anzucht des Hochwaldes zu begünstigen. Die Wiederbewaldung solcher Böden hat in erster Linie den Zweck, einen möglichst dauernden Schutz gegen meteorologische Einflüsse zu gewähren und die Bildung einer Humusschichte zu begünstigen. Diesen Anforderungen entspricht in bester Weise nur der Hochwald. Der Niederwald erfordert der kurzen Umtriebszeit wegen die Anlage zu großer Schläge, wodurch der Boden in größerer Fläche und immer wieder nach kurzen Zwischenräumen den nothwendigen Schutz entbehren muss. Der Hochwald dagegen gestattet der hohen Umtriebszeit wegen die Anlage schmaler Schläge und die Anwendung des Plenter -und Femmelschlagbetriebes, wodurch dem Boden in erhöhtem Maße Schutz und Beschirmung geboten werden.

Was die Wahl der Holzart anbelangt, so ist dieselbe im Hinblick auf die obgenannte, vorzuziehende Bestandesform eingeschränkt. Auch ist zu berücksichtigen, dass Holzarten zu wählen sind, welche zumeist mit einem geringen Grad von Bodengüte vorlieb nehmen müssen. Aus diesem letzteren Grunde sind z. B. Rotbuche und die Weißtanne nicht und zwar umsoweniger zu empfehlen, als diese Holzarten in der Jugend gegen Hitze und Frost sehr empfindlich sind. Auch ist zu berücksichtigen, dass reine Nadelholzbestände manchen Gefahren ausgesetzt sind, so z. B. durch Schneebruch, Feuer, Insekten, letzteres im Hochgebirge weniger, zu leiden haben. Zirben-, Lärchen- und Kiefernbestände, selbst Fichtenbestände, stellen sich im Alter licht und geben dann geringeren Bodenschutz.

Wenn zunächst die einheimischen Verhältnisse und die einzelnen wichtigsten Holzarten in Betracht gezogen werden, so kann mit Bohutinsky[227]) gesagt sein:

Die sonst genügsame Fichte wird für den vorliegenden Zweck eine nur beschränkte Anwendung finden können, weil sie zu ihrem Gedeihen eine Bodenfrische verlangt, die auf den kahlen, namentlich den trockenen und oft heißen Ost- und Südseiten nicht zu finden ist.

Auf den kühleren und feuchteren, nördlichen und westlichen

227) „Zur Aufforstung kahler Lehnen"; von Anton Bohutinsky. Sammlung gemeinverständlicher Vorträge. Nr. 173. Prag 1902.

Abdachungen wird hingegen die Fichte gute Dienste namentlich dann leisten, wenn derselben durch den Vorbau anderer Holzarten, als welche sich die Birke empfiehlt, oder durch den Mitanbau von Grasarten Schutz gewährt wird.

Wenn der Boden Kalkgehalt besitzt, wird der Fichte mit Vorteil in untergeordneter Zahl und horstweise die Lärche beigemischt, welche überdies den Vorteil der Gewährung eines Schutzes für die Fichte verbindet und auf mehr trockenen, steinigen Rücken gut gedeiht, doch muss sie, ebenso wie die vorgenannte Birke, aus der Fichtenjugend rechtzeitig, d. i. in jenem Zeitpunkte entfernt werden, wenn die Hauptholzart durch das sogenannte Peitschen der erwähnten Ueberholzarten oder durch deren Verdämmung gefährdet sein sollte.

Die lichtbedürftige Lärche bildet keine geschlossenen Bestände, welche geeignet wären, dem Boden den wünschenswerten Schutz zu gewähren, wessalb sie, außer als Mischholz, nicht mit Vorteil wird angewendet werden können.

Die gemeine Kiefer oder Weißkiefer tritt bei der Auswahl der Holzarten für die Aufforstung der kahlen Lehnen zumeist in den Vordergrund und zwar nicht nur als bestandbildende Holzart, sondern auch für den Voranbau als Schutz für die wertvollere Holzart.

Obwohl der Weißkiefer ein tiefgründiger sandiger Boden am besten zusagt, so ist diese Holzart doch so genügsam, dass sie auch noch auf dem dürrsten und magersten Boden ihr Fortkommen findet; nur ein Thon- oder sumpfiger Boden, welch' letzterer jedoch auf den kahlen Lehnen kaum oder höchst selten anzutreffen sein wird, ist ihr nicht zusagend. Wegen Schneebruch sind schneereiche Lagen für sie nicht vorteilhaft.

Auf tiefgründigen Böden treibt die Kiefer eine tiefe Pfahlwurzel mit nur wenigen Seitenwurzeln, wohingegen auf seichten Böden die Pfahlwurzel bald verschwindet, worauf sich die Seitenwurzeln in dünnen, nahe an der Bodenoberfläche in großer Ausdehnung streichenden Strängen verästeln.

Die jungen Pflanzen entwickeln sich kräftig, widerstehen der Sonnenhitze, sowie dem Froste, und da diese Holzart bei ihrem reichlichen Nadelabfalle die Fähigkeit besitzt, den Boden bald zu verbessern, so gehört sie, sowie wegen der anderen, vorangeführten Eigenschaften für die Bewaldung kahler Lehnen zu den wertvollsten Holzarten. Ihr rasches Wachstum, sowie ihre lichte Krone machen

sie überdies auch zum vorübergehenden Anbaue sehr geeignet, so dass man dieselbe mit Vorteil als Schutzholzart für den nachfolgenden Anbau anderer wertvoller Holzarten auf den diesen letzteren zusagenden Böden verwenden kann.

Das gleiche gilt von der in Niederösterreich heimischen Schwarzkiefer, Pinus austriaca, welche mit gleichem Vorteil zur Aufforstung von kahlen Lehnen namentlich dann wird verwendet werden können, wenn der Boden kalkhaltig ist. In höheren Lagen ist auch der Bergahorn ein gutes Mischholz.

In Tirol kam an zusagenden Standorten auch, und zwar wegen ihrer tiefgehenden Pfahlwurzel, die Stileiche, Quercus pedunculata, vorwiegend mittelst der Herbstsaat zur Anzucht. Ausgedehnte Flächen wurden dort mit Weißkiefer in Bestand gebracht. In rauhen Lagen und kaltem Klima kam Fichten- und Lärchenpflanzung, in den hochalpinen Gebieten Rhododendron- und Vacciniumanbau zur Anwendung. In neuerer Zeit wird auch Pinus Banksiana empfohlen.

Demontzey[14]) empfiehlt zur Anzucht für die verschiedenen Zonen und zwar für die wärmere Zone bis 600 m, die Strand- oder Aleppokiefer, Pinus halepensis, für Kalkböden, und die Seekiefer, Pinus maritima, pinaster, namentlich für Kiesböden oder solchen vulkanischer Formation. Für die gemäßigte Zone von 600—1000 m die Traubeneiche, Quercus robur, namentlich für frische Lagen mit tiefgründigem Boden, weiters die bereits genannten Weiß- und Schwarzföhre. Für die kalte Zone von 1000—1800 m die Fichte, die Lärche, die Krummholzkiefer, Pinus pumilio und für die sehr kalte, alpine Zone, von 1800 bis 3000 m, die Zirbe, über deren Anbau manch' wertvolles literarisches Material vorliegt.[228, 229])

Wertvolle Anhaltspunkte über die Wahl der Holzarten geben auch Thiéry[29]) und Bauby.[217])

Letzterer gibt im allgemeinen, was die Pyrenäen anbelangt, den Laubhölzern und in erster Linie bis zu Höhenlagen von 1600—1700 m der Rotbuche, Fagus sylvatica den Vorzug. In hohen Lagen sei den Nadelhölzern u. zw. der Lärche, Bergkiefer und Fichte, in Mischung mit Buche, oder weiter hinauf mit Birke, Mehlbeere und Vogelbeere der Vorzug einzuräumen. Mit Buche

228) „Beiträge zur Kultur der Zirbe"; von Eugen Guzmann. Mittheilungen des Forstvereines für Tirol und Vorarlberg. 11. Heft. 1894.

229) „Die Zirbe (Pinus cembra) und ihre Kultur", von Anton Woditschka. Wien 1900.

gemengt empfehle sich in tieferen Lagen Ahorn, Ulme, Linde, Esche und weiter hinab Akazie.

In den östlichen Pyrenäen, Périmètre Rialsesse, bis zur Höhe von 1230 m kommt auch die französische Schwarzkiefer, Pinus laricio corsicana, und die Atlasceder, Cedrus atlantica, in Gebrauch. Letztere gelang auf hinreichend tiefgründigen Standorten und in freier sonniger Lage überraschend gut. Eingesprengt und unter Schutz von Kiefer wurde auch die spanische Edeltanne, Abies pinsapo, dann die Kryptomerie, Cryptomeria japonica, gezogen. Von Laubhölzern sind auch außer der Traubeneiche, die immergrüne Eiche, Quercus ilex, auf besonders trockenen und flachgründigen Lagen, und die zahme Kastanie zu nennen.

In den Cevennen, Périmètre der Jaur, in der Höhe bis 1122 m sind die Bergkiefer, Pinus montana, var. uncinata, auch die Lärche, weiter unten die Buche, Tanne und Fichte, die Trauben- und die immergrüne Eiche gezogen worden.

In den französischen Hochalpen, Périmètre von Sigouste und Rif Lauzon, sind vielfach Weißkiefer, Schwarzkiefer und Lärche, in den hohen Lagen auch Bergkiefer gepflanzt worden. Im letzteren Niederschlagsgebiete hat die Weißerle vorzügliche Dienste geleistet.

In Spanien und zwar in der „Sierra de Espuna“, welche den östlichsten Ausläufer der Hochländer von Andalusien und Granada bildet und etwa 1580 m hoch ansteigt, wurden große Wiederbewaldungsarbeiten durchgeführt und zwar unter 700 m mit Pinus halepensis, von 700—1000 m mit dieser Holzart und mit Quercus ilex gemischt, dann von da aufwärts mit dieser letzteren Holzart für sich. Beigegeben werden außerdem Quercus lusitanica von 700 bis 1000 m, Pinus pinaster von 400—1000 m, Pinus laricio von über 1000 m, welch' letzere beiden dort auf den Südhängen besser gedeihen als Pinus halepensis. Auch mit der Ulme werden Versuche gemacht und mit Pinus pinsapo, welcher auf Dolomitböden Erinacea pungens beigegeben wird.[230])

Ueber in Italien ausgeführte ähnliche Aufforstungen wurde bereits kurz auf Seite 235 berichtet.

Was die Kulturmethode, Saat oder Pflanzung anbelangt, so hängt diese von den klimatischen und sonstigen Standortsverhältnissen, der Holzart und auch von dem Zustande der Oberfläche der Kulturfläche selbst ab. Namentlich im Hinblick darauf,

230) „Apuntes relativos á la repoblicatión forestal de la Sierra de Espuna“; von R. Codornico. Murcia, 1900.

dass es auf Lehnen ratsam ist nur eine platzweise Bodenbearbeitung vorzunehmen, wird von der Saat abzusehen und zur Pflanzung von mehrjährigen überschulten Pflanzen zu schreiten sein. Nur bei einzelnen der genannten Holzarten ist die Saat geboten so bei der Seekiefer wegen der tiefgehenden, wenig faserigen Pfahlwurzel, bei der Traubeneiche, weil diese der Saat den Vorzug vor der Pflanzung zu geben scheint.

Der Ausführung der Kultur soll, und es sei wieder Bohutinsky bezogen, kurze Zeit vorher eine wenigstens teilweise Bodenbearbeitung vorangehen. Wiewol tiefer Umbruch des Bodens als das beste Mittel angesehen werden kann, mit welchem allenfalls vorhandene Trockenheit bekämpft wird, weil das Wasser in einen derart gelockerten Boden leicht eindringt und hier schwerer verdunstet, wie in ungelockertem Boden, so wird diese Art der Bodenbearbeitung auf den kahlen und zumeist steilen Lehnen, um die es sich hauptsächlich handelt, aus naheliegenden Gründen und in letzter Reihe auch mit Rücksicht auf den Kostenpunkt nicht angewendet werden können, sondern es wird eine platzweise, ausnahmsweise auch eine streifenweise Bodenbearbeitung vorgenommen werden müssen. Es wird sich daher die Bodenbearbeitung in den überwiegend meisten Fällen auf die Herstellung hinreichend geräumiger Pflanzlöcher beschränken, damit diejenigen Waldpflanzen, bei welchen sich die Wurzeln nur langsam und in den ersten Jahren deren überhaupt nur wenige entwickeln, derart eingesetzt werden können, dass ihre Nährorgane von allem Anfange an in bestmöglicher Weise zu wirken vermögen.

Gestattet es die Neigung des Bodens und wird beabsichtigt, die Geschwindigkeit des Wasserabflusses zu mildern, so kann ausnahmsweise und auf nicht zu abschüssigen Lehnen eine streifenweise Bodenbearbeitung platzgreifen.

Ebenso wie die Reihen der Pflanzenlöcher, so sollen auch die Streifen am Hange horizontal verlaufen. Die Breite der bearbeiteten Streifen soll in wenig abschüssigem Boden 1 m betragen, muss aber mit zunehmendem Gefälle vermindert werden, wohingegen deren gegenseitiger Abstand je nach der anzubauenden Holzart 1 bis 3 m zu betragen hat.

Die stellenweise Bodenbearbeitung bietet, abgesehen von der Kostenersparnis den Vorteil, dass die auf den unbearbeiteten Zwischenräumen vorhandene natürliche Pflanzenvegetation, welche

den angebauten Holzarten einen zuträglichen Schutz gegen austrocknende Winde, Hitze und Regen gibt, unberührt bleibt.

Da es bei der streifenweisen Bodenbearbeitung, abgesehen von der Schwierigkeit der vollkommen horizontalen Herstellung der Streifen, leicht vorkommen kann, dass sich bei heftigen Regengüssen das Wasser an einigen Stellen der Streifen ansammeln und so die Pflanzen wegschwemmen, sowie die unterhalb gelegenen Streifen gefährden kann, so empfiehlt es sich, an Stelle solcher Streifen 5 bis 6 m lange, möglichst horizontal verlaufende sogenannte Stückrinnen herzustellen, deren gegenseitige Entfernung in der Längsrichtung zwischen 2 bis 3 m schwankt. Diese Stückrinnen werden so angelegt, dass die Mitte eines bearbeiteten Streifens der oberen Reihe über den leeren Zwischenraum der darunterliegenden Reihe zu liegen kommt, und da der gegenseitige Abstand der Stückrinnen in der Richtung des Gefälles, im Verhältnis zu ihrer Länge stehen muss, so darf derselbe 3 m nicht überschreiten und soll im Mittel 2 m betragen.

Die Breite der Streifen richtet sich auch hier nach der Neigung des Hanges und nimmt in demselben Maße ab, als derselbe steiler wird, so dass dieselbe an gewöhnlichen Abhängen 50 bis 60 cm betragen kann, an steilen aber auf 40 und selbst bis auf 30 cm herabgesetzt wird. Mag man sich nun je nach dem Terrain und der Bodenbeschaffenheit für die Herstellung von Pflanzlöchern oder von Streifen, beziehungsweise Stückrinnen entscheiden, so ist es von Bedeutung, dieselben einige Monate vor der Ausführung der Kultur herzustellen.

Soll die Kultur im Herbste vor sich gehen, so muss die Bodenbearbeitung spätestens im Sommer stattfinden, damit die atmosphärischen Einflüsse hinreichend lang auf den Boden einzuwirken vermögen; wird jedoch beabsichtigt, im Frühjahr zu kultivieren, was wohl vorwiegend der Fall sein wird, so ist es von Wichtigkeit, den Boden im vorhergehenden Herbste zu bearbeiten, damit sich derselbe so viel wie möglich mit Feuchtigkeit sättigen, durch die Einwirkung des Frostes recht mürbe werden und damit auch jede Gefahr der Austrocknung, welche eine Bearbeitung des Bodens im Frühjahre unmittelbar vor der Kultur zur Folge hätte, vermieden werden kann.

Die Löcherpflanzung, „plantation par potets“, kann als Einzel-Büschel oder Ballenpflanzung vorgenommen werden. In den französischen Alpen und Pyrenäen ist die Büschelpflanzung, „planta-

tion par touffes“, vielfach in Anwendung. Sie besteht darin, dass mehrere Pflanzen, 2—4, in ein und dasselbe Loch eingesetzt werden. Als Nachteile werden ihr zugesprochen, dass sich die Pflanzen gegenseitig im Wuchse hindern, dass dieselben keine hinreichend kräftige Nahrung aufzunehmen vermögen und dass die Anlagekosten groß seien. Teilweise treffen diese Nachteile auch zu, doch sollen nicht viel Pflanzen ein Büschel bilden und die geringeren Nachbesserungen vermindern das Gesamterfordernis einer derartigen Aufforstung. Nicht gut ist es Holzarten in ein Büschel zu mengen, die den andern vorwachsen, wie die Lärche der Kiefer, weil dann leicht ein Verdämmen der letzteren eintritt. Gut kann es sein, zu Gunsten einer herrschenden Pflanze die übrigen zu entgipfeln. Nach durchgeführter Pflanzung werden die jungen Pflanzen mit den größten Steinen, die in der Nachbarschaft zu finden sind, geschützt. Ist der Boden mit Rasen und mit Strauchwerk bewachsen, so werden die Löcher derart verteilt, dass die jungen Pflänzchen durch diese Vegetationsreste bestmöglichst geschützt sind. Auf Kalkböden, auf denen sich weder Gras noch strauchartige Vegetation vorfinden, werden diese natürlichen Schutzmittel durch Esparsette-Saaten ersetzt.

Im Falle der Ballenpflanzung, „plantation en motte“, werden in den einzelnen Büschel die Wurzeln der Pflanzen nicht von einander getrennt, der Erdballen, der sie umschließt, bleibt an ihnen hängen und wird mit den Pflanzen in das Pflanzloch gesteckt.

Die Ballenpflanzung wird jedoch, ihrer Kostspieligkeit wegen, nur bei Aufforstungen im groben Schotter und in steinigen Böden, die von Humuserde ganz entblößt sind, anzuwenden sein.

Die Einzelpflanzung, „plantation par sujets isolés“, wird bei Laubhölzern in der Regel im Alter von 3—4 und auch mehr Jahren, nach vorhergegangener Verschulung vorgenommen. In dem früher genannten Einzugsgebiete des Rif Lauzon hat die Weißerle den besten Dienst geleistet, wird aber dort in einer abweichenden Art vermehrt. Statt die Loden auf den Stock zu setzen, machte man Ableger. Die mannshohen Ruten wurden in 20—30 cm tiefe Gräben niedergebogen und derart eingedeckt, dass nur die Spitzen des Stämmchens und der Aeste aus der Erde hervorragten. Jeder dieser Triebe bewurzelt sich hierauf selbständig und wird zu einem neuen Stocke. Diese Verjüngungsweise kann nicht nur im Frühjahr und Herbst, sondern auch während der Vegetationszeit vorgenommen werden.

Noch soll einer Art der Pflanzung Erwähnung gethan sein, die in Hochlagen, so im Riesengebirge, gerne in Anwendung kommt und unter dem Namen „Polstern" bekannt ist. Die Pflanzen werden in diesem Falle mit Hilfe eines Pflanzenbohrers auf gestochene und umgestürzte Rasenstücke gesetzt. Die Pflanzen stehen auf diese Weise höher über dem Boden und werden durch den Schnee nicht so leicht auf diesen gedrückt.

Hinsichtlich der Saat wäre hervorzuheben: Nachdem der Boden zuvor vorbereitet wurde, erfolgt die Saat bald in Reihen, bald voll nach der ganzen Breite des bearbeiteten Bodens. Dieses letztere Verfahren ist auf solchen Böden vorteilhaft, wo die Trockenheit oder das abwechselnde Gefrieren und Wiederauftauen zu befürchten sind. Wo Frühjahrsfröste eintreten können, sind bei Vollsaaten die Samen der Nadelhölzer vorteilhaft mit Esparsettkörnern zu mischen. In den Cevennen wurden, insbesondere auf den kieselerdehaltigen Böden und nach vorherigem Herausreißen des Ginsters, Vollsaaten ausgeführt. Dieser im allgemeinen sehr kostspielige Vorgang wird nur dann anzuwenden sein, wenn das Ausreißen der hinderlichen Pflanzen für Uebernahme des gewonnenen Materiales bewerkstelligt wird.

Ist der Boden zuvor nicht vorbereitet worden, so kann die Vollsaat oder die Löchersaat angewendet werden.

Die Vollsaaten auf unbearbeitetem Boden empfehlen sich vornehmlich auf kieselerdehaltigen Böden; sie haben den großen Nachteil, dass sie eine bedeutende Menge von Samen erfordern.

In Hochlagen werden Vollsaaten vorteilhaft als Schneesaaten ausgeführt, in welchem Falle der Boden, damit die jungen Sprösslinge einen unmittelbaren Schutz gegen das Ausfrieren finden können, berast sein soll.

Die Löchersaat besteht in der Aushöhlung eines sehr kleinen Loches und im Ausstreuen des Samens auf die an der Oberfläche zerbröckelte Erdschichte, die dann sehr leicht zu überdecken ist. Es ist Regel, dass dieses Verfahren nur dort anzuwenden ist, wo sich noch einige Spuren von Vegetation zeigen und wo durch Aussaat einiger Grassämereien die Kultur vervollständigt werden kann. Oft wird für die Buchen- und Fichtensaaten, die sehr empfindlich sind, eine andere Methode angewendet. Es werden breite Rinnen, aus denen die Erde an die Ränder zu werfen ist, derart gezogen, dass sie eine Tiefe von 10—12 cm erhalten. Hierauf wird auf die Sohle dieser Rinnen gesäet und nach Maßgabe des

Wachstums der Pflanzen die umgebende Erde nachgefüllt, bis das ganze Terrain vollständig eben ist.

In den Cevennen hat die Stecksaat mit Nadelholzsamen gute Resultate geliefert. Ohne Bodenbearbeitung wurde mit einem Hieb der Hacke die oberste Erdschicht etwas gehoben, ein Fingerhut voll Samen eingestreut und sodann der Boden wieder eingetreten. Nach 3—4 Jahren kamen die jungen Kiefern aus dem leichten Bodenüberzuge, Haidekraut, zum Vorschein. Selbst der auf das Haidekraut ausgestreute Same ist bei Schafdurchtrieb gut aufgegangen. Gegenwärtig wird dort aber nur unverschult gepflanzt und zwar mit zweijährigen Buchen- und dreijährigen Fichten- und Tannenpflänzlingen, die in fliegenden Saatschulen unmittelbar an der Kulturfläche gezogen werden.

Als Kulturzeit ist im allgemeinen das Frühjahr zu wählen, obzwar im Gebirge bei oft sehr kurzer Kulturperiode im Frühjahr, und dort wo der Boden zu Ende des Sommers oder zu Herbstbeginn die nötige Feuchte besitzt, die Herbstkultur gut am Platze sein kann. Speziell bei Nadelholzsaaten kommt zu berücksichtigen, dass Herbstsaaten dem Verderben durch Fäulnis stark unterworfen und dem Mäusefraße ausgesetzt sind. Herbstsaaten werden auch bei frühem Aufgehen des Samens durch Frühfröste stark geschädigt.

Die Erziehung der Pflänzlinge wird am vorteilhaftesten in fliegenden Saatkämpen, die sich auf den Aufforstungsflächen selbst oder in deren Nähe befinden, durchgeführt. Es verursacht diese Art der Pflanzenerziehung die geringsten Kosten, gewährt größere Transportsicherheit und liefert für den jeweiligen Standort akklimatisiertes Material.

Es kann nicht Aufgabe sein, hier auf die diesbezüglichen allgemeinen waldbaulichen Regeln näher einzugehen, doch möge bemerkt werden, dass auf das Ausheben der Pflanzen die größte Sorgfalt zu verwenden ist. Weniger die Verzärtelung in der Pflanzschule, als vielmehr das genaueste Kulturgeschäft kommen in Betracht. Erlen, die in Pflanzgärten nicht leicht zu ziehen sind, können längs den Bach- und Flussstrecken ausgehoben, sodann verpflanzt werden.

Als erste unerlässliche Bedingung des Gelingens jeder Aufforstung ist die gänzliche Einstellung der Beweidung auf der Kulturfläche, falls eine solche bisher üblich war, anzusehen.

Von anderen und zwar Oedlandkulturen, die noch in Betracht

kommen können, ist jene des Karstödlandes zu nennen, wie sie in manchen Wildbachgebieten nötig fallen kann. Von den Holzarten, die zu zügeln sind, sind die Weiß- und Schwarzföhre, die Korsische Kiefer, Pinus Laricio var. poiretiana, für den Seekarst die Aleppo-Kiefer, Pinus halepensis, maritima oder pinaster, dann die Parolinianakiefer, Pinus paroliniana, zu nennen. Auch die Pinie, Pinus pinea, kann in Betracht kommen, desgleichen untergeordnet die Lärche und Fichte.

Von Laubhölzern eignen sich nur wenige zu Karstkulturen. Die Eichenarten als Quercus pubensens und ilex, Ulmen, Ahorne Blumenesche, Hopfenbuche, und Akazie können berücksichtigt werden. Von Sträuchern kann sich der Sumach zur Ergänzung der Kulturen eignen.

Von den Aufforstungsmethoden kommt vornehmlich nur die Pflanzung in Betracht. Die Saat findet geringe Anwendung. Die Plätze, Löchersaat, bietet noch die beste Gewähr, weniger die Stecksaat, Punktsaat, und am wenigsten oder gar nicht die Streifen- und Vollsaat; dagegen kommt die Pflanzung für den größten Teil der Laubhölzer und für die meisten Nadelhölzer in Betracht.

Die Pflanzen sollen langsam und stufig erwachsen, ihre Wurzeln sollen lang, zahlreich und kräftig, die Zahl kräftiger Seiten- und Hauptwurzeln möglichst groß sein. In der Regel sind daher Schwarz-, Weißföhren und Lärchenpflanze zweijährig, Fichten und langsamwüchsige Laubhölzer 3—4jährig zu verpflanzen. Bei Verwendung von Stummelpflanzen sind die Pflanzen erst nach dem Einsetzen zu stummeln.

Auf Pflanzenerziehung und Transport ist größte Sorgfalt zu verwenden. Je nach den klimatischen Verhältnissen lässt sich die Pflanzung sowohl im Frühjahre als auch im Herbste ausführen. Wo Bora haust und wenig Schnee fällt, ist von der Herbstpflanzung abzusehen. Im Gegenfalle kann auch diese platzgreifen Am Karste ist nur die Löcherpflanzung, als Einzeln- oder Büschelpflanzung, zu empfehlen. Natürlich beansprucht die entsprechende Herstellung der Löcher große Mühe, auch die Beschaffung der nötigen Füllerde, die am besten in den Karstdolinen zu finden ist, ist mitunter mit Mühe und Kosten verbunden.

Bei Holzarten, welche gegen Wurzelverletzungen sehr empfindlich sind, kann es sich empfehlen, die Pflanzen mit Ballen zu setzen.

Der Natur der Sache nach, erfordert die Aufforstung von Karstödland nicht allein reichliche Erfahrung, sondern auch große

Mühe und große Kosten. Der Schutz ausgeführter Kulturen gegen menschliche Eingriffe, Weide, ferner Insektengefahr u. s. w. ist in erhöhtem Maße geboten.

Im Wildbachgebiete wird, wo die Abflussverhältnisse derartige Aufforstungen nicht dringend erheischen und nicht die reichlichste Gewähr für deren künftigen Schutz gegeben ist, von ihrer Durchführung abzusehen sein.

Im Uebrigen wird auf die reiche, diesbezügliche Literatur, namentlich auf die in der Fußnote bezogenen Abhandlungen aufmerksam gemacht.[231, 232, 243, 234, 234, 236]).

Von anderem Oedland ist noch das Moorödland zu nennen. Dessen Aufforstung kann jedoch hier nicht in Betracht gezogen werden, weil hiemit in der Regel eine Entwässerung verbunden sein wird, welche, wenn auch nicht immer fühlbar schädlich, so doch gewiss nicht im Interesse der Regelung der Abflussverhältnisse gelegen wäre.

Uebrigens wird, was das bezügliche Aufforstungsverfahren anbelangt, auf die Abhandlung Griebs[107]) und auf den in der Fußnote bezogenen Artikel aufmerksam gemacht.[237])

Die Regelung der Wirtschaft im Wildbachgebiete.

Die wirtschaftlichen Vorkehrungen allgemeiner Natur.

Wie aus den bezüglichen Ausführungen des II. Abschnittes, 1. Theil dieses Buches hervorgeht, handelt es sich behufs möglichster Hintanhaltung von Verheerungen durch Wildbäche gewiss

---

231) „Der Karst und seine Wiederbewaldung"; von Franz R. v. Löwenfeld. Wien 1865.

232) „Das Karstgebiet Militär-Kroatiens und seine Rettung, dann die Karstfrage überhaupt"; von Josef Wessely. Agram 1876.

233) „Die forstlichen Verhältnisse des Karstes mit besonderer Berücksichtigung des österr. Küstenlandes"; von Hermann R. von Guttenberg. Triest 1882.

234) „Die Karstaufforstung in Krain"; von Wenzel Goll. Laibach 1898.

235) „Die Karstbewaldung im österr.-illirischen Küstenlande nach dem Stande zu Ende 1899 und die volkswirtschaftliche Bedeutung derselben"; von Josef Pucich. Triest 1900.

236) „Die Karstaufforstung"; von Ferdinand Holl. Sarajevo 1901.

237) „Die Moore des Erzgebirges und ihre forstwirtschaftliche und nationalökonomische Bedeutung mit besonderer Berücksichtigung des sächsischen Anteiles"; von Dr. Männel. Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift. Jahrgang 1896, Heft 9 und 10.

nicht in letzter Linie um eine geregelte Wirtschaft im Niederschlagsgebiete. Nicht allein die Wiederherstellung, sondern auch die Erhaltung der Gebirgsgründe und eine sorgfältige Pflege der natürlichen, sie durchfurchenden Gerinne sind geboten.

Die Wiederherstellung und Erhaltung der Gebirgsgründe kann, was Wirtschaft anbelangt, durch wirtschaftliche Maßnahmen allgemeiner oder solcher spezieller Natur, Forst-, Weide- und Alpenwirtschaft, gesichert werden. Die Pflege der Gerinne ist eine Sache für sich.

Es ist kaum zu bezweifeln, dass der Niedergang des Wohlstandes in vielen und namentlich in Gebirgsländern, und mit ihm im Zusammenhange die rücksichtsloseste Ausbeute der Naturschätze auf die vielfach drückende Notlage der Bevölkerung zurückzuführen sind. Staats-, bezw. Landesverwaltungen haben daher gewiss zunächst die Verpflichtung, hier, wie und wo nur immer möglich, helfend einzugreifen, die Steuerkraft nicht nach einem allgemeinen Maße zu messen, vielmehr auf die wirtschaftlich sicherlich schwierige Lage der Gebirgsbewohner Rücksicht zu nehmen. Dies umsomehr, als die Erhaltung der Bodenkraft, die Erhaltung der Gebirgsgründe überhaupt, von großer Bedeutung für die allgemeine Wohlfahrt, für die Wohlfahrt der fruchtbaren und oft mit Industrien aller Art reich gesegneten Thalgelände sein muss.

Erleichterung der Steuerlast nach jeder Richtung hin, Hebung der fachlichen Kenntnisse der Bevölkerung, hinreichende Unterstützung von Bodenmeliorationen, dabei aber auch strenge Ahndung von Uebertretungen gegen gesetzliche und administrative Bestimmungen sind geboten.

Mit der Hebung der Volkswirtschaft hält die Zunahme der Erkenntnis des Wertes von Grund und Boden gleichen Schritt und pfleglichere Behandlung des Eigentums werden die unmittelbaren guten Folgen sein.

Zu den Maßnahmen, welche geeignet sind, insbesondere die Land- und Forstwirtschaft zu heben, sind die Förderung des land- und forstwirtschaftlichen Unterrichts- und Versuchswesens, die Einführung des bezüglichen Anschauungsunterrichtes in Volksschulen, die Schaffung von land- und forstwirtschaftlichen Unterrichtskursen für die Bevölkerung, die Veranlassung von fachlichen Wandervorträgen, die Förderung land- und forstwirtschaftlichen Meliorationen jeder Art, so Förderung der Tierzucht, des Futterbaues, der Holzzucht, Vorkehrungen gegen Schäden, welche die land- und forst-

wirtschaftliche Produktion in irgend einer Weise bedrohen, Einführung von Surrogaten für Waldstreu, Unterstützung von Fachvereinen und Genossenschaften, von Ausstellungen, Gewährung von Prämien für besondere Leistungen, unentgeltliche Abgabe von Waldpflanzen, insbesondere zur Unterstützung von Kleinwaldbesitzern bei Wiederaufforstung von kahlen Lehnen, die bisher nicht Wald waren, Zuweisung solcher Flächen in die niederste Ertragsklasse, Gewährung mehrjähriger Steuerfreiheit für dieselben und viele andere Maßnahmen zu zählen. Der Güterschlächterei, dann dem vielfach nur auf schrankenlose Ausbeute des Waldes gerichteten Bestreben nach Errichtung von holzverzehrenden Gewerben wäre thunlich zu steuern; Streu- und Weideservituten wären nach Thunlichkeit abzulösen.

Von Wichtigkeit ist es auch, obligatorische Versicheruugen gegen Feuer, Hagel, ja vielleicht selbst gegen Hochwasserschäden einzuführen, Flussregulierungen und Wildbachverbauungen ausreichend durchzuführen, hiebei aber die Beitragsleistung der Länder, der Interessenten, nicht durch allzu starre Gesetzesbestimmungen festzustellen, weil dies nicht selten von der richtigen Beurteilung der Priorität nach Bedürfnis ablenkt und zur Bevorzugung des finanziell Kräftigeren führt.

Die oft schädlichen Waldteilungen im Gebirge wären zu verhindern, geschweige denn durch gesetzliche Bestimmungen zu fördern. Vernünftige, den obwaltenden Verhältnissen entsprechende Zoll-, Handels-, und Tarif-Politik sind geboten.

Dem Staate obliegt weiter die Schaffung eines guten Ueberwachungsdienstes und zwar sollten nicht allein staatliche Forst-Kommissäre, sondern auch behufs Ueberwachung der Landwirtschaft, namentlich in den Gebirgsländern, staatliche Agrar-, dann aber auch behufs Ausübung der Flusspolizei, Fluss-Kommissäre bestellt werden.

Von Wesenheit erscheint die Schaffung eines einheitlichen Dienstes im Staate zur Erhaltung und Wiederherstellung der Gebirgsgründe, und zwar eines Dienstes, welcher sich nicht allein mit der Wildbachverbauung, sondern auch mit der Erhaltung und Besserung der Alpen- und Weidegründe, der Betriebseinrichtung von Gemeinde- und Genossenschaftswaldungen, mit sonstigen agrarischen Operationen und allen anderen in Frage kommenden Aufgaben zu beschäftigen hätte. So sehr die Schaffung eines eigenen Wildbachverbauungsdienstes zu begrüßen ist, so bleibt

er für sich doch nur ein Torso. Die Organe des vorgenannten allgemeinen Dienstes zur Erhaltung der Gebirgsgründe wären in erster Linie zur Aufstellung einer genauen Wildbach-, Lawinen- und Gletscher- und Alpen-Statistik, gegebenenfalls im Verein mit Geologen zur Vertiefung der kartographischen Aufnahmen im Gebirge heranzuziehen. Auch hätten sie im Verein mit den hydrographischen Aemtern bezw. forstlichen Versuchsanstalten an der Ergründung der Abflussverhältnisse unter den verschiedensten Verhältnissen, an der Erforschung der Wirkung des Waldes auf Klima, Zurückhaltung des Wassers und des Geschiebes mitzuarbeiten. Im Einvernehmen mit den Samenkontrol- oder anderen berufenen Anstalten hätten sie Untersuchungen über Aufforstung und Berasung von öden Flächen vorzunehmen und vieles andere mehr.

Die Schaffung eines solchen, einheitlich gedachten Dienstes dürfte sicherlich viel zweckentsprechender sein, als die Spezialisierung, setzt aber wohl auch eine diesbezügliche einheitliche Gesetzgebung voraus. In dieser Richtung vielleicht am entsprechendsten, ist die bezügliche französische Gesetzgebung, welche die französische Staatsforstverwaltung durch das Gesetz vom Jahre 1882 in die Lage versetzt, in ganz bestimmter Weise für die Erhaltung der Gebirgsböden in ihrer Gesamtheit und in ihrem kulturell günstigsten Zustande vorzusorgen. Die in den Niederschlagsgebieten durchzuführenden Arbeiten sind im Sinne dieses Gesetzes, auf welches noch zurückgekommen wird, nicht allein solche, die auf der Anwendung der Aufforstungstechnik und der Technik der Wildbachverbauung beruhen, sondern auch solche, welche auf eine Aenderung der den Gebirgsböden schädlichen oder doch nicht völlig zweckentsprechenden Benutzungsweisen abzielen.

Die Wirtschaft im Niederschlagsgebiete teilt sich in den Ackerbau, die Forstwirtschaft, die Weide- und die Alpenwirtschaft. Der erstere, der Ackerbau, an und für sich besseren Boden erheischend, größere Erträge liefernd, erfreut sich im allgemeinen auch größerer Wertschätzung seitens des Wirtschafters und ist in dieser Richtung, und so weit es sich um die vorliegende Frage handelt, die unterstützende, beratende Thätigkeit des Staates, bei Rücksichtnahme vielleicht auf gerechte Steuerbemessung im Falle ungünstiger Verhältnisse des Gesamtbesitzes, hinreichend.

Anders ist dies bei der Forst-, Weide- und Alpenwirtschaft,

die gesondert zur Sprache kommen sollen der Fall, denn sie bedürfen einer viel strengeren Kontrole. Hinsichtlich des Waldlandes ist vielfach die Bürgschaft für dessen Erhaltung, gesetzlich wenigstens, gewährleistet; hinsichtlich der Erhaltung des Weidelandes ist dies leider zumeist nicht der Fall, und es bleibt diesfalls der Gesetzgebung noch ein weites, dankbares Feld offen.

Die Waldwirtschaft.

Schon im II. Abschnitte des I. Teiles dieses Buches wurden jene Grundsätze, von welchen sich die Waldwirtschaft im Hinblick auf die Regelung der Abflussverhältnisse der Gewässer im allgemeinen und der Wildbäche im besonderen leiten lassen soll, hinlänglich ausführlich besprochen. Es wird deshalb genügen, hierauf zu verweisen.

Dagegen gewinnt die Frage, in welcher Weise die zweckentsprechende Waldwirtschaft auch gewährleistet werden kann, erhöhteres Interesse. In dieser Richtung kommt zunächst eine entsprechende Forstgesetzgebung in Betracht.

Die Verschiedenheit der Verhältnisse in den einzelnen Ländern und Staaten gestattet diesbezüglich nur ganz allgemeine Grundsätze aufzustellen. Unter allen Umständen soll, wie dies im österreichischen Reichsforstgesetze vom 3. Dezember 1852 und in den Forstgesetzen mancher anderen Staaten vorgesehen ist, auf den Aufforstungszwang, das Rodungsverbot, auf die besondere Bewirtschaftung solcher Waldungen, die auf gefährdeten Oertlichkeiten stocken oder zum Schutze gegen Steinschlag, Lawinenabgang und dergleichen mehr zu erhalten sind, Rücksicht genommen werden.

Die Absichten und der wesentlichste Inhalt des bezogenen österreichischen Reichsforstgesetzes sind in Kürze die folgenden: Es hat die Erhaltung des zur Zeit seines Erscheinens bestehenden Waldstandes als solchen zum Grundsatze und betraut die Staatsverwaltung mit der Oberaufsicht über die gesamte Waldwirtschaft. Es zerfällt, je nach der Materie in Hauptabschnitte, von welchen wieder jeder einzelne eine Teilung oder doch Sonderung nach den verschiedenen örtlichen Verhältnissen und Umständen zulässt.

Ein Abschnitt ist der Bewirtschaftung der Forste im allgemeinen gewidmet, teilt dieselben je nach der Besitzkategorie in Reichs-, Gemeinde- und Privatwälder ein, für welche je nach Erfordernis besondere Bestimmungen getroffen sind.

Die wichtigsten Bestimmungen für die Walderhaltung sind jene, welche jede Umwandlung des Waldes in andere Kulturen ohne eigene Bewilligung verbieten, für die in angemessener Zeit auszuführende Wiederaufforstung abgetriebener Wälder Sorge tragen und jede der Walderhaltung entgegenstehende wirtschaftliche Gebahrung als Verwüstung erklären, verbieten, bezw. im Falle der Uebertretung ahnden.

Eine Verschärfung der Bestimmungen für die Walderhaltung ist durch die Verpflichtung zur Sicherung des nachbarlichen Waldes durch die Ueberhaltung eines Windmantels und Einhaltung bestimmter wirtschaftlicher Regeln auf schwierigen Standorten, Schutzwald, behufs Erhaltung der Waldsubstanz, gegeben.

Andere Bestimmungen sind auf die Sicherung eines Nachhaltigkeitsbetriebes gerichtet und gelten ausschließlich jenen Waldungen, die, mit Servituten belastet, die Bestimmung der dauernden Abgabe einer gleichen Materialmasse, sei es nun aus der Haupt- oder der Nebennutzung haben.

Sobald der Schutz von Personen, von öffentlichem oder Privatgute die besondere Behandlungsweise von Wäldern erheischt, finden sich jene Maßnahmen verzeichnet, nach welchen unter Wahrung der vollen Schadloshaltung des Waldbesitzers, eine besondere Waldbehandlung, Bannwald, vorgeschrieben werden kann.

Die willkürliche Teilung der Gemeindewälder ist für unzulässig erklärt und bleibt in Anbetracht der Wichtigkeit dieses Gegenstandes der Bewilligung der Landesstelle vorbehalten.

Die angemessene Beförsterung ist vorgesehen und steht es der Landesstelle zu, diejenige Größe der Waldungen festzusetzen, für welche geprüfte Wirtschaftsführer bestellt werden müssen.

Die Durchführung der vorangenannten Bestimmungen ist insofern gewährleistet, als die politische Behörde sowohl mit der Ueberwachung der Bewirtschaftung aller Waldungen, als auch mit der amtlichen Behandlung aller Uebertretungen betraut ist.

Andere Abschnitte handeln von dem Transport der Waldprodukte zu Land und zu Wasser, wobei festgesetzt ist, dass bezüglich des letzteren in jedem Falle die besondere Bewilligung der Behörde einzuholen ist; sie handeln weiters von Waldbränden und Insektenschäden, vom Forstschutzdienst und den wesentlichen Bestimmungen über die Pflichten und Rechte der Schutzorgane, von den Uebertretungen gegen die Sicherheit des Waldeigentumes, sowie von den zur Untersuchung und Bestrafung dieser und aller

übrigen im Forstgesetze festgestellten Uebertretungen bestimmten Behörden und den dabei zu beobachtenden Verfahren.

So gut die Absichten dieses Gesetzes waren, so konnte es doch den in den einzelnen im österreichischen Reichsrate vertretenen Königreichen und Ländern herrschenden, oft sehr verschiedenen Verhältnissen nicht volle Rechnung tragen und musste deshalb mit der Zeit den Charakter eines durch Landesgesetze ergänzten Rahmengesetzes annehmen.

Diese dermalen bestehenden Landesgesetze regeln der Hauptsache nach die Bringung und Lagerung von Forstprodukten, setzen die Verpflichtung zur Schlaganmeldung fest und bezeichnen die Wildbach- und Flussgebiete, für welche sie besondere Geltung haben.

Diesbezüglich sind als gute Beispiel die für das Herzogthum Salzburg geltenden Landesgesetze vom 7. August 1895 und vom 11. Dezember 1899, betreffend einige Maßregeln zum Schutze der Wälder zu erwähnen, deren hauptsächlichster Inhalt der folgende ist. Das erstere Gesetz vom 7. August 1895 setzt fest:

Das Abbrennen des Krummholzes ist verboten. Ebenso ist der kahle Abtrieb des Krummholzes in steilen Lagen und an der Vegetationsgrenze untersagt. Zur Herstellung größerer Holzbringungsanlagen ist die Bewilligung der politischen Bezirksbehörde erforderlich.

Die Benützung einzelner Erdriesen, Erdgefährte, Eis-, Schnee- und Wasserriesen zur Holzbringung, kann, wenn diese unmittelbar in verbaute Wildbäche führen und besonders gefährlich erscheinen, ganz oder für bestimmte Jahreszeiten von der politischen Bezirksbehörde verboten werden. In Betreff der Bringung des Holzes über Gebirgsabhänge ohne Benützung von Riesen oder anderer Bringungsanlagen kann die politische Bezirksbehörde für Oertlichkeiten, in denen die Verhältnisse eine besondere Vorsicht zur Hintanhaltung der Bodenlockerung erheischen, die bei der Ablieferung zu beobachtende Vorsichten anordnen, auch wenn dieselbe nur über den eigenen Grund des Waldbesitzers stattfinden soll. Für die Außerachtlassung dieser Anordnung, sowie für die ohne Bewilligung oder Hintansetzung der an dieselbe geknüpften Bedingungen erfolgte Herstellung von Bringungsanlagen ist außer dem Bringungsunternehmer, beziehungsweise jenem, der die Anlage herstellen ließ, auch der Besitzer des betreffenden Grundes dann verantwortlich, wenn die Bringung, beziehungsweise die Herstellung der Anlage mit seiner ausdrücklichen oder stillschweigenden Zustimmung geschah.

Der Bringungsunternehmer, beziehungsweise jener, der die Anlage herstellen ließ, und der Grundbesitzer, der letztere jedoch nur rücksichtlich des über seinen Grund und Boden führenden Teiles der Bringungsanlage, sind solidarisch verpflichtet, nach jedesmaliger Holzbringung die durch die Ablieferung des Holzes oder durch die Riesen verursachten Bodenrisse auszufüllen und zu versichern, sowie die zur Befestigung des etwa gelockerten Bodens und zur schnellen Vernarbung der beschädigten Rasendecke geeigneten Vorkehrungen zu treffen. Die politische Bezirksbehörde kann über die Art und die Ausführungen dieser Vorkehrungen erforderlichenfalls nach Anhörung von Sachverständigen nähere Vorschriften erteilen.

Das in Wildbachgräben und deren Einhängen geschlagene Holz darf im Inundationsbereiche der Wildbäche ohne Bewilligung der politischen Bezirksbehörde nicht gelagert werden. Die Behörde hat bei Erteilung der Bewilligung die etwa notwendigen Vorkehrungen gegen plötzliche Verschlemmungen des Holzes festzusetzen.

Die Errichtung von Kohlstätten im Inundationsgebiete der Wildbäche bedarf gleichfalls der Bewilligung der politischen Bezirksbehörde.

Jeder Waldbesitzer, in dessen Waldung eine Holzabstockung vorgenommen wird, ist solidarisch mit dem Schlag- und dem Bringungsunternehmer verpflichtet, die Räumung der in das Wildbachgebiet einhängenden Schlagflächen sofort vorzunehmen und die während der Fällung oder Bringung des Holzes in ein Wildbachbett gelangten Baumstämme und Abfälle ohne unnötigen Verzug aus dem Bachbette und aus dem Wasserbereiche zu schaffen und, wo dies nicht möglich ist, dieselben an Ort und Stelle zu verkleinern und zu verbrennen.

Das bei der Trift in den Bachbetten und im Bereiche der Inundation zurückgebliebene Triftholz ist von den Triftunternehmern sofort nach Beendigung der Trift fortzuräumen und außer dem Bereich der Abschwemmungsgefahr zu bringen.

Jede Ortsgemeinde ist verpflichtet, die Wildbachbette samt deren Zuflüssen und sonstigen gefahrdrohenden Wasserläufen, in den im Gemeindegebiete gelegenen Strecken alljährlich mindestens einmal, und zwar in jedem Frühjahre zu begehen und von den daselbst an der Oberfläche liegenden Baumstämmen, Wurzelstöcken und anderen Hölzern räumen zu lassen, insofern die Verpflichtung hiezu nicht etwa den Waldbesitzern, Schlag- oder

Bringungsunternehmern obliegt. Zu diesem Behufe hat die Gemeindevorstehung der politischen Bezirksbehörde mindestens 14 Tage vor der Begehung, Tag und Stunde derselben anzuzeigen, damit es der Behörde ermöglicht werde, Kontrole zu üben.

Bei dieser Begehung ist das Herkommen der in den Bachbetten vorgefundenen Baumstämme, Wurzelstöcke und dergleichen zu ermitteln und nach Umständen entweder die Räumung der Bachbette auf Gemeindekosten zu veranlassen, oder es sind hiezu die verpflichteten Waldbesitzer, Schlag- und Bringungsunternehmer oder die Besitzer der durch diese Räumung insbesondere zu schützenden Objekte der politischen Behörde namhaft zu machen. Das hierüber aufgenommene Protokoll ist derselben sofort nach Abschluss der Begehung vorzulegen.

Nur bei großer Gefahr auf Verzug wird die Bachbetträumung sogleich von der Gemeinde unter gleichzeitiger Verständigung der hiezu verpflichteten Grundbesitzer, Schlag- und Bringungsunternehmer oder Besitzer der durch diese Räumung insbesondere zu schützenden Objekte, auf Kosten dieser Verpflichteten vorgenommen.

Wenn ein Wildbach das Gebiet zweier oder mehrerer Gemeinden durchzieht, so hat die politische Bezirksbehörde die Reihenfolge der Räumungsarbeiten zu bestimmen.

Die bei den Begehungen in den Wildbachgräben allenfalls wahrgenommenen sonstigen gefahrdrohenden Zustände, wie Bruchstellen, Schäden an Sicherungsbauten, und dergleichen mehr, hat die Gemeindevorstehung zu beseitigen oder, wenn dies durch ihre eigenen Kräfte nicht durchgeführt werden kann, oder der im nachstehenden Satze bezeichnete Fall vorliegt, der politischen Behörde bekannt zu geben, welche hierüber das nach Umständen Gebotene über Antrag ihres Forsttechnikers zu veranlassen und die zur Beitragsleistung Verpflichteten hiezu anzuhalten hat.

Handelt es sich insbesondere um Schaden an ausgeführten Wildbachverbauungen, so hat die Bezirksbehörde über Anzeige der Gemeindevorstehung das Erforderliche zum Zwecke der genaueren Feststellung und der Beseitigung der Schäden einzuleiten.

Die politische Bezirksbehörde ist berechtigt, wenn die den Waldbesitzern, Schlag- und Bringungsunternehmern, sowie den Gemeinden oder anderen Interessenten auferlegten Verpflichtungen trotz behördlicher Aufforderung in der hiezu bestimmten Frist gar nicht oder nur unvollständig erfüllt werden, die unter-

lassenen Arbeiten auf Gefahr und Kosten der im einzelnen Falle Verpflichteten ausführen zu lassen. Ebenso ist die politische Bezirksbehörde berechtigt, die während der Wirksamkeit dieses Gesetzes ohne Bewilligung errichteten Holzbringungsanlagen und Kohlstätten auf Gefahr und Kosten des Waldbesitzers, beziehungsweise Unternehmers, beseitigen zu lassen, oder die sonst nötigen Vorkehrungen zu treffen, wenn dem vorausgegangenen behördlichen Auftrage in der hiezu bestimmten Frist nicht Folge geleistet wird.

Die vorberührten Bestimmungen finden in jenen Wildbachgebieten des Landes Anwendung, in denen eine besondere Vorsicht bei der Fällung, Bringung und Lagerung der Hölzer zur Hintanhaltung von Wassergefahren erforderlich ist.

Für jene Gewässer des Landes, welche in bedeutenderem Umfange zur Holzbringung benutzt werden, kann die Landesregierung mit Zustimmung des Landesausschusses die geeigneten allgemeinen Vorschriften für diese Benutzung, insbesondere in Absicht auf die Hintanhaltung von Beschädigungen der Ufer, Brücken, Schutz- und Regulierungswerke. mit Rücksicht auf die erfahrungsmäßigen Hochwasserstände innerhalb der bestehenden Gesetze im Verordnungswege erlassen.

Nach dem zweiten Gesetze vom 11. Dezember 1899 ist jede beabsichtigte Holzfällung, welche in einem Bannwalde, einem Schutzwalde dann in jedem anderen Walde zum Zwecke der Veräußerung oder in einem den gewöhnlichen Haus- und Gutsbedarf übersteigenden Umfange erfolgen soll, mit der unten angeführten Ausnahme von dem Waldbesitzer, beziehungsweise von dessen gesetzlichen Vertretern bei der zuständigen politischen Bezirksbehörde anzumelden. Auch auf jene Waldgrundstücke, welche im Grundsteuerkataster nicht als Waldboden klassifiziert, thatsächlich aber mit Wald bestanden sind, finden die Bestimmungen dieses Gesetzes Anwendung.

Die Anmeldung einer Holzfällung ist nur dann nicht erforderlich, wenn die Fällung auf Grund, sowie nach Maßgabe eines von der politischen Behörde bestätigten Wirtschaftsplanes erfolgen soll und seit Bestätigung dieses Wirtschaftsplanes nicht mehr als zehn Jahre verstrichen sind.

Sollte aber im Verlaufe der zehn Jahre in dem zur Fällung bestimmten Walde ein größeres Elementarereignis eintreten, welches

den Wirtschaftsplan wesentlich ändert, so ist dieser über Anzeige und nach gepflogener Erhebung nach den gegebenen Verhältnissen richtig zu stellen.

Ueber die Anmeldungen hat die politische Bezirksbehörde, soweit dies zur Klarstellung der für die Beurteilung der Zulässigkeit der beabsichtigten Fällung maßgebenden Umstände erforderlich ist, Erhebungen an Ort und Stelle vornehmen zu lassen.

Durch die vorzunehmenden Erhebungen ist, soweit erforderlich, klarzustellen, ob und inwieweit das Gut, Alpe u. s. w., zu welchem der betreffende Wald gehört, nach Vornahme der beabsichtigten Fällung noch selbständig bewirtschaftet werden kann, oder ob eine etwa erlassene Bannvorschrift oder sonstige Anordnungen des Forstgesetzes der beabsichtigten Fällung entgegenstehen; hiebei ist jede solche Störung des Zusammenhanges des Waldbodens als Bodengefährdung anzusehen, durch welche unter elementaren Einflüssen leicht Abrutschungen oder Ueberschwemmungen eintreten können, oder welcher zufolge nachbarlicher Wald offenbar der Gefahr der Windbeschädigung ausgesetzt sein würde.

Auch ist festzustellen, ob bei Durchführung der beabsichtigten Fällung die Wiederaufforstung der Schlagfläche, sei es wegen deren Lage oder Bodenbeschaffenheit oder wegen des Umfanges der Fällung oder wegen der Ausdehnung anderer aufzuforstender, demselben Besitzer gehöriger Flächen, wesentlicht erschwert wäre, oder ob die beabsichtigte Fällung durch eine zu erlassende Bannvorschrift zu beschränken wäre.

Ueber die Zulässigkeit der beabsichtigten Fällung hat die politische Bezirksbehörde, gegebenenfalls auf Grund von gepflogenen Erhebungen, die nach der Sachlage gebotene Verfügung zu treffen.

Hiebei hat die politische Bezirksbehörde den Waldbesitzer ohne Verzug von dem der angemeldeten Fällung etwa entgegenstehenden Hindernisse zu verständigen und gleichzeitig die Fällung ganz zu untersagen oder nur unter angemessenen Beschränkungen und Vorsichtsmaßregeln zu gestatten.

Liegt ein Hindernis nicht vor, so hat die politische Bezirksbehörde den Waldbesitzer ohne Verzug in Kenntnis zu setzen, dass gegen die Durchführung der angemeldeten Fällung keine Einsprache erhoben wird. Sollte der Fall der Beschränkung vorliegen, so ist die Fällung einstweilen zu untersagen und unverzüg-

lich die Verhandlung behufs Erlassung der erforderlichen Bannvorschriften einzuleiten.

Unter den Gesetzen, welche in anderen Ländern in Absicht auf die Regelung der Abflussverhältnisse durch entsprechende Waldbehandlung erlassen wurden, sei das Gesetz für die Provinz Preußisch-Schlesien vom 16. September 1899, betreffend Schutzmaßregeln im Quellgebiete der linksseitigen Zuflüsse der Oder, hervorgehoben. Es besagt in Kürze: Eine forstwidrige Nutzung von Holzungen ist unzulässig; sie liegt vor, wenn die Zurückhaltung des Niederschlagswassers vereitelt oder erheblich erschwert und die Gefahr der Entstehung von Wasserrissen, Bodenabschwemmungen, Hangrutschungen, Geröll- und Geschiebebildungen heraufbeschworen wird. Der Regierungspräsident kann bei Festellung solcher Nutzungen die künftige Bewirtschaftung vorschreiben. Die Rodung von Holzungen darf nur mit Genehmigung des Regierungspräsidenten erfolgen; sie darf nicht erteilt werden, wenn die Erhaltung des Grundstückes für die Zurückhaltung des Niederschlagswassers oder die Verhütung von Wasserrissen, Bodenabschwemmungen, Hangrutschungen, Geröll- und Geschiebebildungen erforderlich ist. Der Regierungspräsident kann die Wiederaufforstung einer ganz oder teilweise ohne Erlaubnis gerodeten Fläche anordnen, ebenso die Beseitigung neuer, offener, in der Hauptrichtung der Gebirgshänge verlaufender Gräben verfügen.

Das zu Thal fließende Wasser ist von den Anrainern in Stichgräben und, wo dazu Gelegenheit, in Schlammfängen abzuleiten; ebenso ist das in Einfaltungen der Hänge abfließende Wasser in Stichgräben abzuleiten, die vom Grundbesitzer jederzeit offen zu halten sind. Der Regierungspräsident kann zur Zurückhaltung des Niederschlagswassers und zur Verhütung der obengenannten Bodenbewegungen, die Entwässerung der Moorflächen, die Beackerung und Beweidung von Hochlagen und Gehängen untersagen und die Verlegung und Beseitigung vorhandener Gräben anordnen.

Für die den Grundbesitzern oder Nutzungsberechtigten hieraus entstehende Nachteile und Kosten haben zu je $1/3$ die Gemeinde, zu $1/3$ die Provinz, zu $1/3$ der Staat Entschädigung zu leisten. Bei Leistungsunfähigkeit der Gemeinde treten an ihre Stelle der Staat und die Provinz zu gleichen Teilen.

Für Nachteile dauernder Art kann die Entschädigung, nach Wahl der Verpflichteten, durch Zahlung von Jahresbeiträgen oder eines Kapitals zum fünfundzwanzigfachen Jahresbeitrag erfolgen.

Die Gemarkungen und Gemarkungsteile der Quellgebiete, die darin vorhandenen Holzungen, und solche Gebiete, in denen Entwässerungsanlagen notwendig sind, werden von einer durch den Regierungspräsidenten zu bestimmenden Kommission ermittelt; die Kommission besteht aus einem Vertreter des Regierungspräsidenten als Vorsitzenden, einem Forstsachverständigen, einem Landwirte, dem Meliorationsbaubeamten und je einem Vertreter des Kreises und der Provinz.

Dort, wo die erforderliche Aufforstung weiter Flächen nur auf andere Weise zu erzielen ist, sind im Sinne des seinem Inhalte nach vorstehend kurz mitgetheilten Gesetzes besondere Gesetze zu schaffen, ähnlich wie solche z. B. in Oesterreich bezüglich des Karstgebietes erlassen wurden.

Sind im Vorstehenden durch kurze Inhaltsangabe einschlägiger Gesetze die Wege angegeben, wie die Waldwirtschaft gesetzlich in richtige Bahnen geleitet werden soll, so erübrigt noch hervorzuheben, dass auch die Einhaltung der festgesetzten Bestimmungen durch genügende staatliche Aufsicht gewährleistet sein muss.

In dieser Richtung sei auf die in gewisser Beziehung mustergiltige Einrichtung des staatlichen Forstaufsichtsdienstes in Oesterreich und auf die hierüber genügende Auskunft gebenden, in der Fußnote angeführten Schriften verwiesen.[238, 239, 240])

Die Alpen- und Weidewirtschaft.

Unter Hinweis auf das im Gegenstande bereits im II. Abschnitte dieses Buches Gesagte, lassen sich die Maßnahmen zur Besserung und Erhaltung der Alpen- und Weidegründe in Kürze wie folgt zusammenfassen. Sie bestehen zunächst in jenen Arbeiten, die die Aufgabe haben, die Verwitterung, die Erosion und die anderen bereits besprochenen, materialschaffenden Prozesse einzuschränken, das sind sonach eigentliche Verbauungsmaßregeln, wie sie schon in den vorhergegangenen Abschnitten erörtert wurden. In anderer, rein wirtschaftlicher Richtung, wäre jedoch behufs Hebung des Ertrages, und zwar zunächst im Sinne

238) „Die Organisation des Staatsforstschutzes"; von Joseph Edlen von Metz, Wien 1898.

239) „Die Organisation und Wirksamkeit des Forstdienstes der politischen Verwaltung"; von Anton Rossipal, Wien 1900.

240) „Die staatliche Forstaufsicht in Oesterreich"; herausgegeben vom k. k. Ackerbau-Ministerium, Wien 1900.

des an anderer Stelle bezogenen Werkes von Briot[103]), bezw. einer sich mit dem Gegenstande beschäftigenden Schrift von Kopetzky[241]), folgendes vorzukehren, wobei jedoch nur das Wesentlichste Erwähnung finden soll.

Nasse Weidegründe sind, um den Ablauf der Schnee- und Regenwässer in tiefergelegene Sammelbecken zu ermöglichen und zu beschleunigen, was namentlich in Rutschterrains von Wichtigkeit ist, durch Abzugsgräben zu entwässern. Torfige Böden, die entwässert werden, bleiben sauer, erzeugen Binsen und Riedgräser, sind daher zu durchlüften und mittelst Anwendung von Kalk und Grubenphosphaten zu verbessern. Ställe und andere für die Landwirtschaft erforderliche Baulichkeiten und Vorrichtungen sind in der Nähe von erhältlichem Trinkwasser zu errichten. Die Berasung der Alpsgründe wird durch den Holzwuchs sehr gefördert, daher die Aufforstung, wo sie angezeigt, vorzunehmen ist. Laubhölzern fördern die Rasenbildung und liefern durch ihre Blätter und Zweige stickstoffhaltige Futterstoffe. Unter den Nadelhölzern ist die Lärche für höhere Lagen wegen ihrer rasenbildenden Eigenschaft sehr zu empfehlen. Die Laubhölzer können bei ihrem Mangel an Cellulose und Mineralstoffen durch Erzeugung von Verstopfung und Koliken nachteilig auf den Milchertrag wirken.

Abgefallene trockene Blätter werden, um sie dem Genusse zuträglicher zu machen, mit schmackhaften Futtermitteln zu mischen sein. Die teilweise Entblätterung und Abästung im Monate September ist zu empfehlen. Das Konservieren der Blätter erfolgt mittelst Ensilage oder im Wege der natürlichen Trocknung, doch soll während der letzteren direkte Besonnung vermieden werden.

Junge Zweige mancher Holzarten bieten beachtenswerte Futterstoffe, so jene der Eiche zur Zeit der Schälung und der Akazie, beide von höherem Futterwerte als das gewöhnliche Heu. Zweige der Buche, Pappel, Birke, Weißkiefer, Fichte haben höheren Nährwert als Stroh.

Kahle Stellen und Runsen in Weidegründen, in denen der Graswuchs nicht gedeiht, sind der Bewaldung zu unterziehen. Leicht bemooste Flächen können dicht besät werden, als

241) „Die Wiederherstellung und Erhaltung der Gebirgsböden;“ von Richard Kopetzky. Separatabdruck aus dem Centralblatt für das gesamte Forstwesen, Wien 1897.

Saatkämpe dienen und Pflanzmateriale für andere Oertlichkeiten liefern.

Zur Erhöhung der Ertragsfähigkeit des Bodens ist die Anlage von Bewässerungskanälen zu empfehlen, und wird dort, wo sie in größerer Ausdehnung zweckdienlich erscheint, durch Bildung von Genossenschaften zu fördern sein. Durch die Anlage solcher Kanäle lässt sich im Gebirge auch der Wasserabfluss regeln und ist daher die Unterstützung derselben aus Landes- und Staatsmitteln gerechtfertigt.

Zweckmäßig angelegte Wege sind besonders im Gebirge für den möglichen und leichteren Transport der Futter- und Dungmittel, dann der verschiedenen Bedarfsartikel, eine Notwendigkeit, daher behufs Einführung einer rationellen Wirtschaft erforderlich. Auch ist die Abgrenzung der Weideflächen durch Zäune, zur Herbeiführung einer geregelten Nutzung und Bewirtschaftung, wo nur irgend thunlich, zu bewerkstelligen, ferner die Errichtung von Zäunen an Abfallstellen zum Schutze der Tiere geboten.

Durch Kultivierung der Schuttkegel und anderer öden Böden, wie solche auf Alpen und Weideflächen oder in deren Nähe nicht selten zu finden sind, lässt sich mitunter die Weidefläche vermehren. Der Bodenbeschaffenheit nach lassen sich Schuttkegel unterscheiden, deren mehr oder minder kräftiger Boden mit Steingerölle bedeckt ist und mit futtergebenden Laubhölzern zu bepflanzen wäre. Solche Schuttkegel, deren Boden fruchtbar, bewässerungsfähig ist, von Steinen gereinigt werden kann, wären in Wiesen umzuwandeln. Ist der Boden mager, so sollten zum Anbaue ausdauernde, zu gleicher Zeit blühende Gräser, denen Klima und Boden zusagen, verwendet werden. Durch tiefes Umgraben, durch Bewässerung und Düngung, sind vorerst sogenannte Mutterwiesen zu schaffen, mit deren Ertrag durch Viehfütterung Dünger gewonnen wird, welcher nach und nach den übrigen Grund kräftigt und höheren Naturalertrag bringt.

Sollen unproduktive Böden in Weiden umgestaltet werden, so sind vorerst gewisse Pflanzen auszurotten, darunter die Preißel- und Heidelbeere, der Wachholder, die Alpenrose und Beerentraube, weil diese Pflanzen dem Rasen Raum entziehen. Sollten sie dicht stehen, so ist es zweckdienlich, wenigstens einen Teil derselben im Frühjahr abzumähen, über den Rest auszubreiten und zu trockener Zeit zu verbrennen. Die Asche wird, mit Dünger oder Erde vermischt, ausgestreut. Bei dünnem Stande genügt

die Beseitigung der Pflanzen mit der Haue. Sollten im nächsten Jahre noch Triebe zum Vorschein kommen, so sind sie abzumähen. Bei geeignetem Boden kann in niederen Lagen nach vorangegangener Bearbeitung Korn oder Hafer angebaut werden, und hierauf im zweiten Jahre Futteranbau stattfinden. Im Rutschterrain ist jedoch mit Vorsicht vorzugehen, und sind behufs Verhinderung von Rutschungen dort, wo es nötig erscheint, Sträucher, Pflanzen und einzelne Bäume stehen zu lassen. Sind Grasflächen mit herabgerollten Steinen bedeckt, so sind diese zu beseitigen und zu Terrassen, Schutz- und Querbauten zu verwenden.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Hebung des Futterbaues durch richtige Auswahl der Futterpflanzen und deren Mischung, wie diesbezüglich die in neuester Zeit angestellten Versuche der k. k. Samenkontrolstation in Wien reichlichen Aufschluss geben.

Die Verwendung des Kunstdüngers ist geeignet, die von den Weidegründen in die Niederungen und Thäler herabgeschwemmten Dungstoffe möglichst zu ersetzen und die Bodenkraft derselben zu vermehren. Briot hebt hervor, welche außerordentlich günstigen Resultate im Thale der Drôme bei Anwendung von Kunstdünger durch eine Genossenschaft erzielt wurden.

An die im Vorstehenden kurz erwähnten Maßnahmen zur Erhaltung und Meliorierung von Gebirgsböden, reihen sich noch jene der Schonungslegung an, die Briot als die Anwendung des Prinzipes der Brache auf die Weidewirtschaft benennt. Die Einführung der Hegeleglung der Alpen und Weidegründe, wo eine solche nötig erscheint, müsste von den günstigsten Resultaten begleitet sein.

Der Einführung einer geregelten Bewirtschaftung soll die Verfassung des Planes einer rationellen Betriebseinrichtung vorangehen, durch deren Einführung voraussichtlich der höchste nachhaltige Reinertrag erzielt werden könnte, wobei auch zu berücksichtigen kommt, ob das erforderliche Betriebskapital verfügbar ist. Ein Betriebsplan für Weidegründe wird festzustellen haben, welche Meliorationen vorzunehmen sein werden, welche Futterpflanzen zu kultivieren sind, ferner die Viehhaltung, und wie die Weide unter Berücksichtigung der bestehenden Eigentums- und Bewirtschaftungsverhältnisse nach Zeit und Flächen auszuüben ist.

Bei Verfassung eines Betriebseinrichtungselaborates wären die Grundfläche, deren Kultur, und alle sonstigen Verhältnisse derselben, ihre Lage, Bonität, die Beschaffenheit des Klimas, ferner

welche Gewässer vorhanden sind, die bisherige Bewirtschaftungsweise, ihre Resultate, allfällige Servituten u. s. w. zu ermitteln.

Aehnlich wie im Landwirtschaftsbetriebe, wird auch im Weidewirtschaftsbetriebe eine Einteilung nach Parzellen und Schlägen zu treffen sein, so dass deren Beweidung von bestimmten Herden in bestimmten Zwischenräumen stattzufinden hat.

Die innerhalb eines Zeitraumes, nämlich Frühling, Sommer und Herbst zu beweidenden Schläge bilden eine Schlagreihe; die innerhalb eines Weidegebietes derselben Jahreszeit zugewiesenen Schläge bilden eine Betriebsklasse.

Den Milchkühen sind die zugänglichsten und besten Weideplätze, die den Stallungen und Alphütten zunächst gelegen sind, zuzuweisen. Dem Jungvieh können steile, steinige, kälter gelegene Weiden mit guten Gräsern, den Schafen steile, trockene, an Futter arme, den Ziegen mehr unzugängliche, schwach beraste Gründe zur Beweidung genügen. Pferden, Maultieren und Fohlen sind die tiefer gelegenen und ebeneren Weiden zuzuweisen, um die ersteren zur Arbeit in der Nähe zu haben. Die einzelnen Betriebsklassen werden nach der Jahreszeit ihrer Benützung als Frühlings-, Sommer- und Herbstweiden benannt, oder auch nach den Viehgattungen als Kuh-, Ochsen- und Schafweiden u. s. w.

Was die Schlagbeschreibung betrifft, so hat sie zu umfassen: die Beschreibung der Grenzen, des Bodens, der Meereshöhe, Lage, Beschaffenheit der Gewässer, der möglichen Gefahren durch Steinschläge und Lawinen, weiteres der bestehenden Pflanzenvegetation, welche Flächen gut oder mangelhaft berast sind, ob und welcher Holzwuchs vorhanden ist, welche Baulichkeiten und Vorrichtungen, z. B. Hütten, Tränken, überhaupt welche Betriebsmittel zur Verfügung stehen; ferner ist zu ermitteln, welcher Viehauftrieb stattzufinden hätte, die Weidezeit, wie die Weiden künftig vorteilhaft zu benützen wären, deren bisherige Ertragsfähigkeit an Futterwerten, der Nutzen vom Viehstande, wie der Boden zu meliorieren wäre u. s. w.

Stehen diese erforderlichen Daten zur Verfügung, so kann an die Aufstellung des Wirtschaftsplanes geschritten werden, doch erfordert diese Arbeit gründliche Fachkenntnisse, weil noch verschiedene andere Fragen der Erwägung zu unterziehen sind, so über vorzunehmende Grundkäufe, Arrondierungen, Pachtungen, über das System der Verwaltung in allen ihren Zweigen u. s. w. Die Weidezeit könnte ungefähr vom 15. April bis 20. September an-

genommen werden; sie ist aber, den örtlichen Verhältnissen angemessen, verschieden.

Der Verfassung eines Wirtschaftsplanes sollen folgende Bestimmungen zu Grunde liegen: Welcher Viehstand nach Zahl und Gattung ist für die einzelnen Schlagreihen festzustellen? Welche Wege, darunter allenfalls neu angelegten, sind zu benützen, welche Grundbestandteile und in welcher Zeitfolge sind zu hegen, wie sind sie zu düngen, in welcher Reihenfolge und welche Meliorationen sind vorzunehmen? Weiters fällt die Feststellung der Nutzungsordnung der Schläge nötig, wobei Rücksicht zu nehmen ist, dass tiefer gelegene, ertragsreichere Schläge früher beweidet und dann verhegt werden. Sodann kommen die höher, zuletzt die höchst gelegenen Schläge an die Reihe.

Die Dauer, für welche ein Wirtschaftsplan aufzustellen ist, hängt von den allgemeinen örtlichen Verhältnissen und Umständen ab; sie könnte beispielsweise für eine zehnjährige Dauer empfohlen werden. Schon während dieser Zeit werden, geänderten Verhältnissen Rechnung tragend, Revisionen und Aenderungen, wo sie nötig erscheinen, vorzunehmen sein. Weidekarten werden die Uebersicht über den Betrieb und die erforderlichen Aenderungen erleichtern.

Die so ermittelten administrativen und technischen Bestimmungen bieten das Material zur Verfassung einer Weideordnung für Gemeinden und Genossenschaften, hauptsächlich aber für Private.

Die Nutzung der Weidegründe im Gebirge, die zumeist durch Waldrodung entstanden sind, steht mit der Nutzung der angrenzenden, stehengebliebenen Waldteile, insbesondere durch die Ausübung der Vor- und Nachweide im Walde, nur zu oft in Wechselbeziehung. Die Bewirtschaftung des anstoßenden Waldes sollte aber, wenn auch mancher Grundbesitzer die Weidenutzung jener des Waldes vorzieht, durch diese Verhältnisse nicht erschwert oder vernachlässigt werden.

Schon aus nationalökonomischen Gründen ist das Waldland in Gebirgen möglichst zu erhalten, worauf in den Weidebetriebsplänen möglichst Rücksicht zu nehmen ist, denn diese haben auch mit Holzbedarf, mit Bedarf an Dung- und Futtermitteln, die der Wald ergeben kann, zu rechnen.

So wie der Sinn für einen rationellen Landwirtschaftsbetrieb in der Bevölkerung im Wege der Belehrung durch Zeitschriften,

Wanderlehrer, Einrichtung von Musterwirtschaften u. s. w. bereits geweckt und verbreitet wurde, so sollte dieser Vorgang auch in Angelegenheit der Gebirgsweiden, zum Zwecke der Einführung und Verbreitung eines rationellen Wirtschaftsbetriebes veranlasst werden.

Hinsichtlich der Weideverhältnisse in Frankreich muss übrigens noch auf die einschlägigen Arbeiten von Cardot [102]), Campardon [104]) und Buisson [242]) verwiesen werden. Insbesondere das erstere Werk enthält eine genaue Aufzählung aller jener Arbeiten, welche in gedachter Richtung von Nutzen sind. Ueber ausgeführte Alpsverbesserungen geben auch einzelne in der Zeitschrift „Revue des eaux et forêts“ erschienen [243, 244]) Artikel Auskunft. Im Gegenstande wird übrigens noch auf zwei in der österreichischen Forst- und Jagdzeitung und in den Mittheilungen des krain. küstenländischen Forstvereines erschienene Artikel [245,246]) verwiesen.

Nicht allein die Erkenntnis der Bedeutung der Gebirgsweidewirtschaft hat sich in Frankreich bereits Bahn gebrochen, sondern es wurde dort auch schon im Wege der Gesetzgebung vorgesorgt. Es seien in Kürze die sich auf den Gegenstand beziehenden Bestimmungen des II. Abschnittes des Gesetzes vom 4. April 1882 wiedergegeben. Dieser Abschnitt umfasst, im Gegensatz zu der im I. Abschnitte behandelten Wiederherstellung der Kulturböden im Gebirge, die Erhaltung derselben.

Die Staatsforstverwaltung kann die Schonungslegung von Grundstücken oder Hutweiden im Gebirge, welche Gemeinden, öffentlichen Anstalten oder Privaten gehören, dann verlangen, wenn der Zustand der Bodenverwüstung noch nicht soweit vorgeschritten ist, um Verbauungsarbeiten notwendig zu machen. Diese Schonungslegung kann nur durch ein Dekret des Staatsrates ausgesprochen werden. Dieses Dekret erfließt auf Grund vorgenommener Enquêten, Beratungen und Aeußerungen, wie selbe im Gesetze vorgeschrieben sind. Es bestimmt dieses die Natur, Lage und

---

242) „Les fruitières de la Haute et Garonne“; von M. Buisson. Paris 1900.

243) „Revue des eaux et forêts.“ Nr. 17 u. 23, 1991.

244) „La mise en valeur des terres communales incultes.“ Revue des eaux et forêts. Nr. 3, 1902.

245) „Frankreichs Maßnahmen zur Hintanhaltung von Hochwasserverheerungen.“ Oesterr. Forst- und Jagdzeitung. Nr. 35, 1901.

246) „Die Gebirgsweiden in den Departements „Hautes Alpes“ und „Basses Alpes“; von Rudolf Fischer. Mittheilungen des krain. küstenl. Forstvereines. XX. Heft. 1902.

die Grenzen des in Schonung zu legenden Terrains; es bestimmt außerdem die Dauer der Schonungslegung, ohne hiebei 10 Jahre überschreiten zu dürfen, und die Frist, innerhalb welcher die gütliche Regelung der Entschädigungsansprüche der Eigentümer für die entzogene Nutznießung erfolgen kann. Im Falle eine Einigung über die Entschädigungsziffer nicht zu erzielen ist, wird selbe durch den Präfektursrat nach Einvernehmen der Parteien festgesetzt werden, eventuell vorbehaltlich des Rekurses an den Staatsrat, vor welchem dieser kostenlos mit denselben Formen und Fristen wie in Sachen der öffentliche Abgaben verhandelt wird.

In dem Falle, als der Staat nach Erschöpfung der zehnjährigen Frist die Schonungslegung festhalten will, wird derselbe auf Verlangen des Eigentümers gehalten sein, auf gütlichem Wege oder nach den Formen der öffentlichen Enteignung diese Grundstücke zu erwerben. Die jährliche Entschädigung fließt in die Gemeindekasse.

Jene Summe, welche dem von den Gemeinden durch die Aufhegung des Verpachtungsrechtes der Hutweiden oder der Vergebung derselben zu Lokaltaxen erlittenen Verluste entspricht, wird den kommunalen Bedürfnissen zuzuweisen sein; der Ueberschuss, nach Umständen auch der ganze Betrag, ist nach dem Ermessen des Munizipalrates unter die Einwohner zu verteilen.

Während der Dauer der Schonungslegung kann der Staat auf den Schutzflächen alle jene Arbeiten ausführen, welche demselben notwendig erscheinen, um möglichst rasch die Bodenfestigung zu erreichen, vorausgesetzt, dass diese Arbeiten die Natur des Bodens nicht ändern, und ohne dass von dem Eigentümer irgend welche Entschädigung für durch diese Arbeiten erzielte Meliorationen gefordert werden dürfen.

In dem der Kundmachung dieses Gesetzes folgenden Jahre und in Zukunft von dem 1. Januar jeden Jahres, müssen alle Gemeinden, welche in der Durchführungsverordnung verzeichnet sind, dem Präfekten des Departements ein Reglement übergeben, enthaltend die Art und die Grenzen aller Gemeindegrundstücke, welche der Viehweide unterworfen sind, die verschiedenen Gattungen des Viehes, deren Kopfzahl, den Beginn und das Ende der Weidezeit, wie auch alle auf die Ausübung der Viehweide bezugnehmenden Bedingungen. Wenn nach Ablauf der festgesetzten Frist die Gemeinden den vorgeschriebenen

Entwurf des Reglements dem Präfekten nicht zur Genehmigung unterbreitet haben, wird dasselbe durch den Präfekten auf Grund der Aeußerung einer Spezialkommission, bestehend aus dem Generalsekretär oder dem Unterpräfekten als Präsidenten, einem Generalrate und dem ältesten Arrondissementsbeamten des Bezirkes, einem Delegierten der Gemeindevertretung und dem Forstbeamten amtlich verfasst. Der gleiche Vorgang wird beobachtet, wenn die Gemeinden ihre Zustimmung zu einer den Wahrnehmungen der Staatsverwaltung entsprechenden Aenderung ihres vorgelegten Reglements verweigern.

In den Gemeinden, welche der Anordnung dieses Gesetzes unterworfen werden, sind die staatlichen Wachorgane, welche die Ausführung und Erhaltung der Arbeiten in den Aufforstungs- und Berasungsperimetern zu übernehmen haben, verpflichtet, gleichzeitig alle Uebertretungen der Schonungslegung und der Weidereglements zu constatieren und den Schutzdienst in den Gemeindewäldern auszuüben, so dass jetzt nur ein einziger, vom Staate geleiteter und bezahlter Aufsichtsdienst besteht.

In der bereits an anderer Stelle[114]) bezogenen Abhandlung spricht sich Mougin über die Zweckmäßigkeit dieses Gesetzes in folgender Weise aus:[247])

Das Gesetz von 1882 verzeichnet einen Fortschritt gegenüber demjenigen von 1860 bezw. 1864, welches als ein bloßer Versuch zu bezeichnen war. Dagegen enthält es noch zu zahlreiche Lücken, um alle erhofften Erfolge erzielen zu können. Indem das Gesetz nicht gestattet, andere als kahle und bereits eine wirkliche Gefahr darstellende Gelände als für das öffentliche Wohl wichtig zu erklären, versetzt es die Verwaltungsorgane oft in die Unmöglichkeit, eine abschließende Flusskorrektion durchzuführen; es verhindert die Anlage von Fußwegen, von Pflanzschulen, Schutzhütten auf Böden, die nicht gefährdet sind.

Das Gesetz gestattet nicht, Kulturboden, der aufgeforstet und bewaldet sein sollte, in den Korrektionsperimeter aufzunehmen, um geregelte Abflussverhältnisse zu erzielen. Die Gesetzgebung liefert keine Handhabe, um Verwüstungen, die durch schädliche Abholzungen erfolgen, vorzubeugen, und ebensowenig um Private an schädlichem Vorgehen auf mit Hilfe von Beiträgen wieder-

247) Siehe auch: „Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen", Nr. 7, 8 und 9, 1901.

kultivierten Grundstücken zu verhindern. In dringenden Fällen sollten eben Ausnahmsbestimmungen es dem Forstbeamten ermöglichen, sich rasch in den Besitz zu sicherndeer Böden zu setzen.

Die Ordnung der Beweidung, auf die man eine große Hoffnung setzen zu dürfen glaubte, ist fast gänzlich toter Buchstabe geblieben, weil die Staatsverwaltung gegenüber den Lokalinteressen, in Folge der zu starken Vertretung derselben in den Spezialkommissionen, machtlos dasteht.

Das Gesetz von 1882 ist sonach ein solides, aber zu beschränktes Gebäude, welchem eine Anzahl von Anhängen und Nachträgen beigefügt werden sollten, um es nutzbringender und fester zu machen.

Bezüglich der Verhältnisse in der Schweiz, woselbst die Alpenwirtschaft auf verhältnismäßig hoher Stufe steht, wird auf das Bundesgesetz vom 22. Dezember 1893, betreffend die Förderung der Landwirtschaft durch den Bund verwiesen, welches hinsichtlich Verbesserung des Bodens die folgenden Bestimmungen enthält:

Der Bundesrat unterstützt Unternehmungen, welche eine Besserung des Bodens oder die Erleichterung seiner Benutzung zum Zwecke haben, unter folgenden Bedingungen:

Unterstützungsbegehren müssen stets vor Inangriffnahme der Arbeiten mit den nötigen Angaben über die Beschaffenheit und Wichtigkeit, über die Kosten der auszuführenden Arbeiten, sowie mit den technischen Vorlagen versehen, von der Kantonsregierung dem Bundessenat eingereicht werden. Der Beitrag des Kantons oder der Gemeinde oder der Korporation muss in der Regel mindestens eben so hoch sein als der des Bundes, welcher 40 Proc. der Gesamtkosten (exklusive Unterhaltungskosten) nicht übersteigen darf. Ausnahmsweise kann an Genossenschaften und Korporationen im Falle des Bedürfnisses und bei richtiger Durchführung ein Bundesbeitrag bis zu 50 Proc. der wirklichen Kosten auch für solche Unternehmungen gewährt werden, welche keine oder nur eine geringere Unterstützung von Seite des Kantons oder der Gemeinde erhalten.

Es muss die kantonale Verwaltung in jedem einzelnen Falle die bestimmte Verpflichtung übernehmen, die ausgeführten Verbesserungsarbeiten gut zu unterhalten; doch steht derselben der Rückgriff auf die beteiligten Gemeinden, Korporationen oder Privaten zu. Die Auszahlung des Bundesbeitrages erfolgt in der

Regel, nachdem die Arbeiten ausgeführt und von der Oberaufsichtsbehörde untersucht worden sind.

Der Bundesrat setzt alljährlich die Beiträge an die Kantone nach Maßgabe der im eidgenössischen Budget bewilligten Summen fest. Der Bundesrat kann das zur Prüfung der Unterstützungsbegehren und zur Ausübung der Oberaufsicht erforderliche technische Personal je nach Bedürfnis anstellen. Die Kosten der technischen Vorarbeiten für solche Unterstützungsbegehren werden vom Bunde subventioniert. An Kantone, welche entweder für sich allein oder in Verbindung mit anderen Kantonen in der Lage sind, Kulturtechniker anzustellen, leistet der Bund Beiträge bis zu 50 Proc. der denselben zu gewährenden Besoldung.

Die zugehörige Vollzugsverordnung vom 10. Juli besagt unter Anderen:

Gesuche um Beiträge zu den Kosten von Bodenverbesserungen sind vor Inangriffnahme der Arbeiten von den betreffenden Kantonsregierungen an das schweizerische Landwirtschaftsdepartement zu richten. Dieselben müssen über die Besitzer, die Lage und die Größe der zu verbessernden Grundstücke, die Art, das Bedürfnis und den Umfang der auszuführenden Arbeiten, über die Höhe der Beiträge, die dem Unternehmen vom Kanton und von anderer, am betreffenden Grundbesitz nicht beteiligter Seite zugesichert sind, Auskunft erteilen; auch ist anzugeben, an wen sich der Experte der Bundesbehörde wegen Besichtigung des Projektes und sachverständigem Aufschluss zu wenden hat.

Den Gesuchen für Bodenverbesserungen auf den Alpen sind Planskizzen auf Grundlage von allfällig vorhandenen Katasterplänen, für Hochbauten die üblichen Pläne mit den nötigen Angaben beizulegen.

Das schweizerische Landwirtschaftsdepartement ist ermächtigt, ausnahmsweise auch solche Gesuche zu prüfen, für die bestimmte Pläne noch nicht vorliegen, und diese Gesuche unter Vorbehalt des endgiltigen Entscheides durch den Bundesrat, als berücksichtigungswert zu erklären, sowie die Höhe des Bundesbeitrages zu bestimmen, der zum Zwecke des Studiums und für die Herstellung der Pläne und der Kostenberechnung verabfolgt wird.

Der Bundesrat entscheidet auf Antrag des Departements und auf Grundlage der Pläne und der Kostenberechnung sowohl über die Bewilligung einer Subvention überhaupt, als auch innerhalb des im Bundesgesetz, betreffend die Förderung der Land-

wirtschaft durch den Bund vom 22. Dezember 1893 aufgestellten Maximums über die Quote des Bundesbeitrages. Bei Berechnung dieser letzteren dürfen nur die wirklichen, durch Belege nachgewiesenen Ausgaben berücksichtigt werden.

Mit der Annahme des zugesicherten Bundesbeitrages übernimmt der Kanton die Pflicht, die Ausführung des subventionierten Werkes durch Sachverständige zu überwachen und den Unterhalt desselben zu übernehmen.

Die Höhe der Beiträge zur Besoldung der von den Kantonen angestellten Kulturtechniker, wird vom Bundesrate festgesetzt. Diese Beiträge werden nur in dem Maße zugesichert und verabfolgt, als sich die Thätigkeit der betreffenden Beamten oder Angestellten auf Kulturtechnik bezieht.

Die einschlägige Gesetzgebung in der Schweiz enthält scharfe Bestimmungen, um die geregelte Wirtschaft auf den Alpen zu sichern. So weist das jüngst für den Kanton Neuchâtel votierte Gesetz der Forstverwaltung alle bewaldeten Weideflächen zu, welche, sei es dem Staate, den Gemeinden, den Korporationen, sei es Privaten gehören, und stellt den Grundsatz auf, dass die Bodenerhaltung und die Erhaltung der Vegetation auf den Berggehängen im öffentlichen Interesse gelegen ist. Aehnliche Bestimmungen enthalten die älteren Gesetze, giltig für die Kantone Glarus, de Vaud u. a. m.

Wie sehr sich die breiteren Schichten der Bevölkerung für den Gegenstand interessieren, geht aus dem Jahresberichte des schweizerischen alpwirtschaftlichen Vereines [248]) hervor, wo es z. B. im Jahre 1900 heißt:

„Wie bisher bethätigte sich der schweizerische alpwirtschaftliche Verein im Betriebsjahre in folgenden Punkten seines Thätigkeitsprogramms: Abhaltung von besonderen Vorträgen und Alpwanderkursen, Ausführung von Alpinspektionen zum Zwecke der successiven Aufstellung einer möglichst zuverlässigen Alpstatistik, Veröffentlichung und Verteilung alpiner Schriften, Unterhaltung eines alpwirtschaftlichen Versuchsfeldes, Zuerkennung von Diplomen als Anerkennung tüchtiger Leistungen auf alpwirtschaftlichem Gebiete."

Die in einzelnen Landesteilen erzielten großen Fortschritte

---

248) „Jahresbericht des schweizer. alpwirtschaftlichen Vereines pro 1900." Solothurn 1901.

sind einer Abhandlung über die Verhältnisse im Alplande „Entlebuch“ 249) zu entnehmen. Ueber die allgemeinen Verhältnisse der schweizerischen Alpwirtschaft gibt auch eine Abhandlung von R. v. Weinzierl 250) Aufschluss.

Auch in Deutschland scheint man der Frage der Besserung der Alpsgründe näher treten zu wollen.

So soll im Jahre 1887 eine Beratung über die Alpswirtschaft in einigen Teilen des Schwarzwaldes stattgefunden haben und es soll beschlossen worden sein, bestimmte Wirtschaftsvorschriften zu erlassen, zeitliche Schonunglegung und Einführung obligatorischer Arbeiten auf kahlen oder mit Unkräutern bestandenen Alpflächen zu verfügen und gefährliche Hänge aufzuforsten.

Näheres über Erfolg oder über weitere Maßnahmen ist dem Verfasser nicht bekannt geworden.

Was die österreichischen Verhältnisse anbelangt, so geben allerdings mancherlei Gesetze Handhabe zur Regelung der Bewirtschaftung der Alpen und Weiden. Zunächst ist das Gesetz vom 30. Juni 1884, R. G. B. Nr. 117, betreffend Vorkehrungen zur unschädlichen Ableitung von Gebirgswässern zu erwähnen, nach welchem innerhalb des Arbeitsfeldes alle jene Bauten und sonstigen Vorkehrungen angeordnet werden können, welche nach den obwaltenden Verhältnisssen zur Sicherung der thunlichst unschädlichen Ableitung des Gebirgswassers erforderlich sind, so unter andern auch die Ausschließung oder Anordnung bestimmter Arten sowohl der Benützung der Wälder, der Weiden und anderer Grundstücke, als auch der Bringung der Produkte.

Nach den in Angelegenheit der Durchführung agrarischer Operationen erlassenen Gesetzen kann die Benützung von Gebirgsweiden einer Regelung von amtswegen unterzogen werden, wenn die politische Landesbehörde durch die ungeregelte Benützung und Verwaltung ein öffentliches Interesse gefährdet sieht. Doch enthalten die geschäftlichen und zugehörigen technischen Instruktionen keine besonderen Bestimmungen für derartige Maßnahmen.

Einzelne Landesgesetze, so jenes für Krain, vom 26. Oktober 1887, L. G. B. Nr. 2 ex 1888, welches die Teilung gemein-

249) „Das Entlebuch, seine Viehzucht, Alpen- und Milchwirtschaft“, von F. Merz in Taido. Zürich 1887.

250) „Beobachtungen und Studien über den Futterbau, die Alpwirtschaft und die Flora der Schweiz“, von Dr. Theodor R. v. Weinzierl. Wien 1889.

schaftlicher Grundstücke und die Regulierung der hierauf bezüglichen gemeinschaftlichen Benützungs- und Verwaltungsrechte betrifft, könnte gleichfalls zur Besserung der Verhältnisse Handhabe bieten. Auch das österreichische Wasserrechtsgesetz könnte dem beklagten Uebelstande der willkürlichen Ableitung des Wassers zu Bewässerungs- und zu anderen Zwecken steuern.

Allein die Thatsachen lehren, dass alle diese Vorschriften, oder sei es vielleicht auch nur ihre Handhabung, unzureichend sind.

Erst in neuester Zeit ist man auch in Oesterreich der Frage der Regulierung der Gebirgsweidewirtschaft näher getreten, bezw. man ist im Begriffe es zu thun. Welche Bedeutung gerade für Oesterreich dem Gegenstande beizumessen ist, geht aus folgenden statistischen Angaben hervor. In Oesterreich weist der Kataster 2,663 908 ha Hutweiden und 1,399 780 ha Alpen aus, von welch' letzteren auf die eigentlichen Alpenländer 1,312 662 ha entfallen. Die Alpen nehmen an der Landesfläche

in	Vorarlberg	mit	34,88
„	Salzburg	„	28,99
„	Tirol	„	25,75
„	Kärnthen	„	17,05
„	Steiermark	„	6,14
„	Krain	„	1,37

Proc. Anteil.

Ein wesentlicher Schritt zur Besserung der Alpwirtschaft wurde in jüngster Zeit in Kärnthen unternommen.

Ueber die Verhältnisse dieses Landes, welche im allgemeinen für die übrigen österreichischen Alpenländer zutreffen, ist einem bezüglichen Berichte der Section für Wildbachverbauung in Villach Nachstehendes zu entnehmen:

Bei Durchwandern der Alpengebiete findet sich vielfach Gelegenheit, die Beobachtung zu machen, dass die in Form ausgedehnter Weideböden zur Verfügung stehenden Werte seitens der Eigentümer in einer unwirtschaftlichen, oft nur einen Bruchteil des erreichbaren Ertrages bietenden Weise ausgenützt werden.

Selten betritt man wohlgepflegte, von üppigem Graswuchs bekleidete Matten, selten nur zeigen sich zu angenehmer Rast einladende, reinliche Alpenhütten und enttäuscht zieht von dannen, wer sich aus Liedern und Erzählungen ein Bild des Lebens und Treibens auf der Alpe geschaffen hat.

Die Hütte unrein, finster und rauchig, die Stallungen oft nur durch ein Meer von Jauche und Mist erreichbar, wobei diese wertvollen Dungstoffe durch den Regen ausgelaugt und irgend einem Wasserlaufe zugeführt werden, oder aber einem engbegrenzten Terrain zugute kommen, daselbst dann einen üppigen Unkrautwuchs hervorrufen, für die Wirtschaft im allgemeinen aber ganz verloren gehen.

Ausgedehnte Weideflächen sind mit wertlosem Gestrüpp von Rhododendron, Vaccinien, Juniperus, Alpenerlen u. dgl. m. bedeckt, wertlos zum mindesten in Hinsicht auf das Einkommen des Besitzers. Anstatt durch Reinigung und Düngung solcher, für eine reiche Weidenutzung geeigneter Oertlichkeiten eine Vermehrung des Ertrages herbeizuführen, wird die Vergrößerung der Flächenausdehnung auf Kosten des angrenzenden, ohnehin fast durchgehends bereits auf steile, minder produktionsfähige Lagen zurückgedrängten Waldes angestrebt, wobei in Folge rasch eintretender Verunkrautung nur kurze Zeit ein mäßiger Graswuchs erzielt, fast immer aber nicht nur dauernd privatwirtschaftliche Nachteile für den Besitzer und seine Nachfolger, sondern auch eine Verschlechterung der Wasserabflussverhältnisse im Hochgebirge und hiemit im Zusammenhange schwere Gefahren für die Thalbewohner heraufbeschworen werden.

Vielfach findet man versumpfte Stellen, wo in Folge übermäßiger Feuchtigkeit keine Futterkräuter gedeihen, und wieder allzutrockene Lagen, denen es an der nötigen Wasserzufuhr zur Bildung eines entsprechenden Graswuchses mangelt.

Die Wege sind schlecht angelegt, schlecht oder auch gar nicht erhalten, weshalb das Vieh unzählige, neue Parallelsteige austritt, hiedurch ganz ansehnliche Flächen der Weide entzieht und auch oft zur Bildung von Terrainbrüchen Anlass gibt.

Meist auch mangelt es an einem geordneten Weidebetriebe in Hinsicht auf Bodenverbesserung durch Düngung, auf Begünstigung oder Anzucht wertvoller Futtergräser, auf Ausscheidung der für die einzelnen Viehgattungen besonders geeigneten Flächen, auf Einhaltung einer bestimmten Viehzahl, sowie eines entsprechenden Weideumtriebes u. dgl. m.

Frägt man nach der Ursache des Darniederliegens der Alpenwirtschaft, so ist zu antworten, sie liege in dem, allen Neuerungen abholden Sinne der bäuerlichen Bevölkerung, welche

sich geänderten wirtschaftlichen Verhältnissen selten und nur ganz allmählich anzuschmiegen versteht, nicht zum mindesten in der Scheu vor Betriebsauslagen, die einem neuen, in seinem Erfolge noch unbekannten Zwecke zugeführt werden sollen, endlich in dem sehr fühlbaren Mangel an entsprechend zahlreichen, namentlich aber hinreichend verständigen Arbeitskräften.

Wenn sich auch in letzter Zeit die Erkenntnis in weiteren Kreisen Bahn gebrochen hat, der Wald und die Weiden seien die einzigen sicheren Einnahmsquellen des Bauern und seien die besten und verlässlichsten Bundesgenossen im Kampfe um das Dasein, so vermochte diese Erkenntnis im Großteile der Bevölkerung doch noch nicht den Sinn für eine konservative Waldwirtschaft und rationelle Ausnützung des Weidebodens zu wecken.

Während auf dem Gebiete der Pferde- und Hornviehzucht bereits dankenswerte Erfolge aufzuweisen sind, ist in Bezug auf Alpenwirtschaft eher ein Rückgang als ein Fortschritt zu verzeichnen.

Es war deshalb ein gewiss glücklicher Gedanke, auch diesem Zweige der Urproduktion die Aufmerksamkeit des Staates und der Landesvertretung zuzuwenden und ein Werk in das Leben zu rufen, das geeignet erscheint, Versäumtes nachzuholen und den Ertrag der Alpenweiden auf jene Höhe zu bringen, welche er vermöge der jeweiligen örtlichen Verhältnisse zu erreichen vermag.

Den bisherigen, für Kärnthen geltenden Bestimmungen zufolge soll sich die dortselbst eingeleitete Thätigkeit in erster Linie auf Gemeinschaftsalpen erstrecken und naturgemäß alle Vorkehrungen umfassen, zu deren Durchführung ein gewisses technisches Wissen gehört, die ferner ihres Umfanges oder ihrer Kostspieligkeit wegen von den Besitzern aus finanziellen Gründen nicht mit eigenen Mitteln bewirkt werden können.

Ausgeschlossen sollen aber grundsächlich alle Arbeiten oder Herstellungen bleiben, die mit eigenen Kräften zu bewältigen die Grundbesitzer bei einigem Fleiße im Stande sind, und dies aus dem Grunde, weil andernfalls diese gewiss sehr nützliche Aktion sich in vielen Fällen zu einer Prämie für Nachlässigkeit und Unthätigkeit ausbilden würde, was vermieden werden muss. Nicht Nachlässigkeit soll unterstützt, sondern strebsamen Alpenbesitzern bei Meliorationsarbeiten, deren Durchführung ihre eigenen Kräfte übersteigt, hilfreiche Hand geboten werden, wobei selbstverständ-

lich auf werkthätiges Mitwirken der einzelnen Besitzer strenge zu achten sein wird.

Das allgemeine Augenmerk dürfte sich in erster Linie auf die gewiss vielfach sehr nötige und von den Alpsbesitzern besonders ersehnte Vergrößerung des Weideterrains durch Entfernung aller, den Graswuchs verdämmenden Gewächse richten, durch welche Maßnahme das seit langer Zeit, aber meist in sehr unverständiger Weise geübte Roden, Schwenden, in etwas geregelterer Form neu aufleben soll. Hier entfaltet sich ein großes Arbeitsfeld, das aber mit äußerster Vorsicht betreten werden muss, sollen nicht die Folgen der ausgeführten Rodungen in kurzer Zeit schon sich in einer sehr unerwünschten Weise fühlbar machen. Es wird eine mit besonderer Sorgfalt zu lösende Aufgabe der Durchführungsorgane sein, das für die Vornahme von Rodungen, bezw. für das Entfernen von Gestrüpp und Unkraut geeignete Terrain auszuscheiden und hiebei alle Oertlichkeiten auszuschließen, woselbst die Erhaltung des Waldes und selbst des Unkrautwuchses im öffentlichen Interesse gelegen ist. Hieher gehören steile und felsige Lehnen und dies besonders bei südseitiger Lage, ferner die gewöhnlich sehr steilen, unmittelbaren Grabeneinhänge, rutschgefährliches Terrain, somit besonders Lehnen mit Glacial- oder Gehängeschutt als Untergrund, endlich auch Lawinenstriche.

Eine weitere Maßnahme ist die Säuberung des Weidelandes von lose umherliegenden Steinen. Solche finden sich in größerer Menge namentlich am Abschlusse der Thalböden und am Fuße jener steil ansteigenden Berglehnen angesammelt, die über die Waldregion hinaufreichen und in Felspartien enden.

Durch Jahrzehnte und vielleicht auch Jahrhunderte hat sich daselbst Trümmergestein angesammelt und nur in den seltensten Fällen findet dessen Beseitigung durch Hirten oder eigens hiezu entsendete Arbeiter statt. Das Steingerölle wird entweder in Haufen zu schlichten, bei der Herstellung der Grenzmauern und Wege oder aber zur Auffüllung von Wasserrissen zu verwenden sein.

Wenn auch auf diese Weise der angestrebte Zweck sich in den meisten Fällen erreichen lässt, so wird doch nebstbei auch in Erwägung zu ziehen sein, ob nicht durch Verbauung der das Material liefernden Runsen, die Geschiebezufuhr für die Dauer vermindert werden kann. Da es sich fast ausschließlich um trockene Runsen handelt, und das zur Errichtung einfacher Grund-

schwellen erforderliche Steinmateriale allerorts vorhanden ist, so kommen nur Arbeiten in Betracht, deren Durchführung keinen hohen Kostenaufwand erfordert.

Zur Hebung der Produktionsfähigkeit des Bodens gehören ferner Ent- und Bewässerungsarbeiten.

Bewässerungen wären wohl vielfach auf südseits gelegenen Orten dringend notwendig, allein nicht immer sind die Vorbedingungen zur Ausführung gegeben. So mangelt es oft an einem zweckmäßig gelegenen und demgemäß ausnutzbaren Wasserlaufe; Untergrund und Neigungsverhältnisse kommen zu berücksichtigen und außerdem erheischen Bewässerungsanlagen, sollen dieselben auf die Dauer zweckentsprechend funktionieren und nicht etwa infolge übermäßiger Durchtränkung des Untergrundes zu Terrainbrüchen Anlass geben, eine unausgesetzte Ueberwachung und Instandhaltung.

Ist durch Rodungen und Säuberungen, durch Ent- und Bewässerungen das Weideland für eine rationelle Ausnutzung vorbereitet, so handelt es sich weiters um die Vermehrung und Verbesserung des Weideertrages durch fachgemäße Einrichtung der Düngerwirtschaft, sowie durch Aussaat wertvoller und für die Lokalität passender Futterkräuter.

Die Verbesserung der Grasnarbe durch Anzucht wertvoller Futtergräser wird auf einzelnen Alpen, deren Futterertrag infolge nachlässig oder gänzlich unterbliebener Bodenpflege stark zurückgegangen ist, von bestem Frfolge begleitet sein.

Nebst allen diesen, auf Hebung des Weideertrags nach Umfang und Güte gerichteten Maßnahmen, kommt weiters eine Reihe von Vorkehrungen in Betracht, durch welche die Bewirtschaftung der Alpe vereinfacht und erleichtert, sowie dem Weidevieh der erforderliche Schutz gegen Witterungsunbilden geboten werden soll. Zu ersteren gehört die Verbesserung, bezw. Neuanlage von Wegen, Viehtränken und Alpenhütten, zu letzteren die Errichtung von Stallungen und Unterständen. Gegenwärtig sind viele Alpen nur auf sehr beschwerlichen Wegen erreichbar; das infolge unzureichender Stallfütterung geschwächte Vieh kann im Frühjahr nur mit größter Mühe auf die Alpe gebracht werden und nicht selten ereignen sich sowohl beim Auf- als auch beim Abtriebe Unfälle, bei denen manch wertvolles Stück verloren geht. Der Transport der Alpenprodukte ist erschwert, wodurch die Rentabilität der Milchwirtschaft in ganz erheblicher Weise ge-

schmälert wird, und was nicht zum wenigsten in die Waagschale fällt ist, dass der Besitzer der Alpe wegen des mühevollen Aufstieges es unterlässt, den Betrieb derselben regelmäßig zu überwachen, was zur Folge hat, dass die ganze Wirtschaft zu sehr in den Händen des mehr oder weniger vertrauenswürdigen Dienstpersonales liegt.

Auch für den Verkehr auf der Alpe selbst, so zwischen Stallungen, Viehtränken und Weideplätzen, erscheint meist nur in ganz ungenügender Weise vorgesorgt, wodurch, wie bereits erwähnt wurde, mancher Terrainstreifen der Weideausübung verloren geht, weiteres aber auch in steilerem Gehänge Unfälle verursacht werden, die oft einen guten Teil des Jahreserträgnisses aufzehren.

Allerdings sind Wegherstellungen im Hochgebirge meist mit großen Kosten verbunden, doch kommen einem guten Wegnetze sowohl in Hinsicht auf den Auftriebsweg als auch auf die Verbindungswege im Weideterrain so große Vorteile zu, dass in dieser Richtung keine Opfer gescheut werden sollten.

Geringe Mittel erfordert die Herstellung von Viehtränken, da es sich hiebei in der Regel nur um die Fassung einer Quelle oder eines Wasserlaufes mittelst niedrigen Mauerwerks mit Lehmverputz oder Holzverschlag, um einfache Holzgerinne und Tröge handelt, die an für das Vieh leicht zugänglichen Stellen anzubringen sind.

Schwierig, bezw. kostspielig gestaltet sich die Errichtung von Hütten und Stallungen und zwar namentlich mit Rücksicht auf die meist sehr umständliche Beschaffung des erforderlichen Bauholzes, doch werden auch in dieser Hinsicht größere Auslagen nicht zu umgehen sein, da auf vielen Alpen für die Unterbringung von Dienstpersonal und Vieh in ganz ungenügender Weise, für die Unterbringung des Jungviehs oft gar nicht vorgesorgt erscheint, zum Gedeihen des Viehes aber ein entsprechender Schutz gegen jähe Wetterstürze und Temperaturwechsel, wie sie im Hochgebirge gar oft eintreten, unbedingt erforderlich ist. Während Milchkühe vollkommen geschlossener Stallungen bedürfen, genügen für das sogenannte Geltvieh einfache Unterstände, die zwar gedeckt, aber nur gegen eine oder zwei Seiten, die Wetterseiten, mittelst Holz- oder Steinwänden geschützt sein müssen.

Soweit die Anschauung der vorgenannten Section.

Der Notwendigkeit Rechnung tragend, die alpswirtschaft-

lichen Verhältnisse in Kärnthen zu bessern, wurde in diesem Lande im Einvernehmen zwischen Regierung und der autonomen Landesverwaltung ein Alpenrat gebildet, dessen Statuten die folgenden wichtigsten Bestimmungen enthält:

Der Alpenrat hat die Aufgabe, bei den Maßregeln zur Sicherung und Verbesserung der Alpenwirtschaft nach den einvernehmlich von der Staatsregierung und der Landesvertretung aufgestellten Grundsätzen, gemäß den Bestimmungen des Statutes und den ihm jeweils zugehenden besonderen Aufträgen mitzuwirken.

Der Alpenrat besteht aus 6 Mitgliedern unter dem Vorsitze des Landespräsidenten oder des von ihm von Fall zu Fall bestellten Vorsitzenden. Die sechs Mitglieder sind ein vom Landesausschusse bestellter Vertreter, der Landeskultur-Referent der Landesregierung, der Landforstinspektor, zwei mit der Alpenwirtschaft vollständig vertraute, vom Centralausschuss der Landwirtschafts-Gesellschaft gewählte Vertreter, und für die Dauer der agrarischen Operationen, der betreffende Referent der Landeskommission; für Verhinderungsfälle sind Stellvertreter zu bestellen.

Dem Alpenrate steht es frei, zur Beratung über einzelne Angelegenheiten Orts- und Wirtschaftskundige oder andere Fachmänner beizuziehen. Er selbst wird zu jeder Beratung vom Landespräsidenten einberufen.

Es müssen jährlich mindestens zwei Beratungen stattfinden, und zwar in der Regel eine zeitgerecht vor Beginn des Alpenauftriebes und eine nach dem Abtriebe.

Der Beratung und Beschlussfassung des Alpenrates müssen folgende Angelegenheiten unterzogen werden:

1. Die Prüfung ob, inwieweit und in welcher Reihenfolge bei Zuwendung von Unterstützungen zur Sicherung und Verbesserung der Alpenwirtschaft zu berücksichtigen sind und zwar: die von einzelnen Alpenwirten und Alpengemeinschaften auf Grund einer Verlautbarung einlangenden Ansuchen um Zuwendung von Beiträgen oder um Ausführung von Arbeiten, namentlich zu Bewässerungen oder Entwässerungen, Wasserleitungen und Tränkenanlagen, Rodungen, Weganlagen, Verbauungen von Runsen und Bächen, Stallbauten, Düngungen u. s. w.; dann die im Wege der Landeskommission für agrarische Operationen einlangenden gleichartigen Anträge der Lokalkommissäre im Interesse von Gemeinschaften, für deren Alpen die Nutzungs- und Verwaltungsregelung im Zuge sich befindet.

2. Die Bestimmung über die Verwendung und Verteilung der vom Staate und vom Lande in jedem Jahre zu Zwecken der Alpenwirtschaft bewilligten Unterstützungssummen. Dabei ist der Alpenrat gehalten, vor allem die agraramtlich regulierten und diejenigen Alpengemeinschaften zu berücksichtigen, für deren Besitz die Regulierung bereits eingeleitet, oder wenigstens provisorisch vollzogen ist.

3. Die Festsetzung der Bedingungen für die Zusicherung der Beiträge oder der Ausführung von Arbeiten, insbesondere die Bestimmung der Art und der Höhe der Leistungen von Seite des Alpenbesitzers für Ausführung und Erhaltung.

4. Die Beschlussfassung in betreff der Flüssigmachung der Beiträge.

5. Die Beschlussfassung über die Art der Ueberwachung bei Ausführung der Arbeiten, sowie über die Prüfung der ausgeführten Arbeiten.

6. Die Begutachtung von vorgelegten Regulierungsplänen und Verbesserungsvorschlägen für Alpengemeinschaften.

7. Die Erstattung des Jahresberichtes über die Ergebnisse der Thätigkeit und die Stellung von Anträgen für Bewilligung weiterer Mittel.

Dem Alpenrate steht es zu, auch über sonstige Angelegenheiten seines Wirkungskreises auf Antrag eines seiner Mitglieder Beratungen zu pflegen und Vorschläge an die Landesregierung zu erstatten.

In betreff der Ansuchen um Zuweisung von Unterstützungen hat der Alpenrat darauf zu achten, dass dieselben, je nach Erfordernis der einzelnen Fälle, mit nachstehenden Belegen und Angaben versehen sind:

1. Mit einer im Maßstabe der Katastral-Mappe angefertigten Skizze aller dem Gesuchsteller gehörigen Alpen- und der mit der Alpe etwa zusammenhängenden sonstigen Parzellen.

2. Mit dem Ausweise über diese sämtlichen Parzellen, dann ihrer Kultur und Fläche.

3. Mit der Angabe der betreffenden Grundbucheinlage.

4. Mit der möglichst eingehenden Bezeichnung jener Arbeiten Herstellungen und Anlagen, welche nach Wunsch der Alpenbesitzer oder der Alpengemeinschaft zur Sicherung oder Verbesserung der Alpenwirtschaft ausgeführt werden sollen, ferner in

welcher Weise und in welcher Zeit die Ausführung geschehen soll.

5. Mit einem thunlichst vollständigen Voranschlage sämtlicher aufzuwendenden Kosten und mit Bezeichnung der beanspruchten Unterstützungssumme.

Die Anträge der Lokalkommission müssen die gleichen Auskünfte enthalten.

Abänderungen des Statutes bedürfen der Zustimmung der Landesregierung und des Landesausschusses, grundsätzliche Aenderungen auch der Genehmigung des Ackerbauministeriums.

Im Jahre 1900 wurden, u. zw. für das Jahr 1901, für Alpsverbesserungen in Kärnthen seitens der Regierung und der Landesvertretung 14,000 Kronen zur Verfügung gestellt und die Aktion mit einer an die Bevölkerung erlassenen Kundmachung eingeleitet, welche in Kürze die folgende Mitteilung über die beabsichtigten Arbeiten enthielt. Zu diesen Arbeiten sollen gehören:

1. Das Roden des Gestrüppes und der Unkräuter, sowie das Sammeln der auf dem Alpenboden lagernden Steine und des Gerölles. (Putzen der Alpen.)

2. Die Anzucht geeigneter Gräser.

3. Die Entwässerung oder Bewässerung des Alpenbodens.

4. Die Düngung, sowohl mit Natur- als auch mit Kunstdünger nach bewährten Versuchen.

5. Die Anlage von Viehtränken, Herstellung von Wegen, Errichtung von einfachen und zweckentsprechenden Stallbauten, Zäunen u. s. w.

6. Die Aufforstung von solchen Oertlichkeiten, wo der Boden für Weidezwecke überhaupt nicht verwendbar oder wo der Wald zum Schutze des Weideviehes oder für Zwecke der Alpenwirtschaft notwendig ist; Erweiterung des Weidelandes durch Beseitigung von Bäumen an für die Weide besonders geeigneten Oertlichkeiten und anderes mehr.

Diese Verbesserungen sollen zunächst an Gemeinschaftsalpen, für welche eine besondere Verwaltung besteht, zur Ausführung gelangen, wobei jedoch nicht ausgeschlossen ist, dass in besonders berücksichtigungswürdigen Fällen auch die im Besitze Einzelner befindlichen Alpen der Meliorierung zugeführt werden.

Es ergeht sonach zunächst an die Alpengemeinschaften die Einladung zur Erklärung, ob sie auf eine Unterstützung des Staates und des Landes zur Verbesserung ihrer Alpen reflektieren.

In diesem Falle hätten sie einen Fragebogen auszufüllen und diesen bis spätestens Ende Juli 1900 nebst der vorhandenen Alpordnung unmittelbar der Landesregierung vorzulegen.

Es ist selbstverständlich, dass die Inangriffnahme der in Aussicht genommenen Alpenverbesserungen von der bestimmten Erklärung der betreffenden Alpenbesitzer abhängig gemacht werden muss, dass dieselben sich zur künftigen Erhaltung der geschaffenen Anlagen verpflichten.

Die eingelangten Fragebogen werden von dem eingesetzten Alpenrate geprüft und es sollen unter sonst gleichen Bedingungen jene Anmeldungen besonders berücksichtigt werden, aus welchen hervorgeht, dass die Alpengemeinschaft, beziehungsweise die Alpenbesitzer zu den Meliorationskosten einen ein Viertel der Gesamtkosten übersteigenden Beitrag zu leisten bereit sind.

Es wird ausdrücklich bemerkt, dass die Beiträge ganz oder teilweise auch durch Naturalleistungen abgestattet werden können.

Der für Wegherstellungen auf der Alpe abzutretende Grund und Boden kann jedoch als Naturalleistung nicht angesehen werden.

Auf Grund der eingelangten Anmeldungen entscheidet sohin die Landesregierung auf Grund des Gutachtens des Alpenrates, welche Alpen zunächst der Verbesserung zugeführt werden sollen.

Ueber die durchzuführenden Meliorationsarbeiten wird ein generelles Projekt mit möglichst genauem Kostenvoranschlage verfasst werden. Zu den zum Zwecke der Projektsverfassung vorzunehmenden Lokalerhebungen werden die Alpenbesitzer beigezogen werden, um deren Wünsche entgegennehmen und nach Thunlichkeit berücksichtigen zu können.

Die fertiggestellten Projekte wird der Alpenrat überprüfen und sodann die weiteren Verhandlungen mit den beteiligten Alpengemeinschaften, beziehungsweise Alpenbesitzern hinsichtlich der Durchführung der Arbeiten, sowie wegen der Beitragsleistung veranlassen.

Mit der Projektierung und der technischen Leitung der Meliorationsarbeiten soll sodann die forsttechnische Abteilung für Wildbachverbauung in Villach betraut werden.

Zur Besorgung der Arbeiten werden tüchtige und geschulte Arbeiter herangezogen werden.

Es steht übrigens den Alpengemeinschaften, bezw. Alpen-

besitzern frei, behufs Abstattung der eventuellen Naturalleistungen Arbeitskräfte selbst beizustellen.

Der bezogene Fragebogen enthält die ortsübliche Bezeichnung der Alpe, Benennung der Alpengemeinschaft und Angabe der Anzahl der Anteilberechtigten; weiters die Bezeichnung der Katastralgemeinde, sowie der zum Alpengebiete gehörigen Parzellen nebst ihrer Kultur und Fläche; die Zahl und Gattung des im Durchschnitte jährlich zum Auftriebe gelangenden Weideviehes und die Angabe, ob auf der Alpe Milchwirtschaft betrieben wird, wenn nicht, ob die Umwandlung in eine Kuhalpe gewünscht wird.

Bedeuten diese in Kärnthen eingeleiteten Schritte, auf Grund welcher sich schon thatsächlich eine erfreuliche Anteilnahme der Bevölkerung an den Absichten der Staats- und Landesverwaltung zeigt, so wäre es doch zu wünschen, dass, im großen Rahmen wenigstens, einheitliche Vorschriften für alle Alpenländer erlassen werden und eine einheitliche Organisierung des Dienstes erfolge.

Die Schaffung und Instandhaltung geregelter Gerinne.

Diesbezüglich wird zunächst auf das bereits im III. Abschnitte dieses Buches im Gegenstande Hervorgehobene verwiesen. Auch der im V. Abschnitte in Kürze wiedergegebene Aufruf Sauers enthält der Hauptsache nach alle oder viele jener Vorkehrungen. welche hier zu empfehlen sind.

Selbstverständlich ist in erster Linie eine entsprechende Wasserrechtsgesetzgebung und strenge Handhabung derselben unerlässlich.

Es kann nicht Aufgabe sein, die Grundsätze einer vollkommen entsprechenden diesbezüglichen Gesetzgebung zu erörtern, doch ist zu bemerken, dass sich manche der bisherigen Wasserrechtsgesetze als ungenügend erwiesen haben.

Verwiesen sei auf die Abhandlungen des Grafen Alberti de Poja über die Reform des österr. Wasserrechtes[251,252]), deren Ver-

251) „Die Ueberschwemmungen, die Assanierung der Wasserläufe und das Wasserrechtsgesetz.“ Eine Studie zu der vom niederösterreichischen Landtage beantragten Gesetzesrevision; von Alfred Graf Alberti de Poja. Wien 1897.

252) „Für die Reform des österreichischen Wasserrechtes“; von demselben. Wien 1889, mit reicher Autorenangabe.

öffentlichung die außerordentlichen Hochwässer des Jahres 1897 zum Anlasse hatten. In derselben wird hervorgehoben, dass für Flussregulierungen in Niederösterreich in der Zeit von 1882 bis 1896 18 Mill. Kronen verausgabt wurden. Die Wasserkatastrophen waren in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle auf künstlich geschaffene Ursachen zurückzuführen, namentlich auf unzweckmäßige Einbauten, so feste Wehren u. a. m.

Die erste Voraussetzung der Regulierung der Gewässer ist der Umbau, vielfach auch die gänzliche Beseitigung solcher Anlagen. Zu diesem Behufe ist in erster Linie ein entsprechendes Enteignungsrecht erforderlich, welches bestimmte Voraussetzungen enthält und ein genau vorgezeichnetes, rasches und unanfechtbares, aber auch die Interessen des Enteigneten sicherndes Verfahren ermöglicht. Auch genaue Bestimmungen über die zeitliche Beschränkung der Wasserrechte und über deren Erlöschen sind erforderlich.

Unter dem Gesichtspunkte der Verhütung von Wasserschäden durch Reinhaltung der Gerinne fällt auch die Einführung eines organisierten Flussaufsichts- und Hochwassermeldedienstes. Was den ersteren anbelangt, so erschiene es zweckmäßig und wurde von mehreren Seiten vorgeschlagen, in jeder von Hochwasser bedrohten Gemeinde einen eigenen Wasserwehrausschuss zu schaffen, der allenfalls aus der Feuerwehr gebildet werden könnte und welchem die verantwortliche Verpflichtung obläge, alle Vorsichtsmaßregeln und notwendigen, einfacheren Schutzvorkehrungen anzuordnen, erwiesene Vernachlässigungen der Behörde behufs Ahndung anzuzeigen und zudem derselben über erforderliche, mit größerem Arbeits- und Kostenaufwande verbundene Verrichtungen sogleich zu berichten. Alljährlich sollten in gewissen, nicht zu lange ausgedehnten Zeiträumen Begehungen vom Ausschusse innerhalb des ganzen, in der Gemeinde einliegenden Bachgebietes vorgenommen und Verfügungen über die Beseitigung aller in den Gerinnen vorkommenden, dahin nicht gehörigen Materialien und deren Lagerung getroffen werden; zu überwachen wären weiter die Lagerung von Holz in sicherer Entfernung vom Ufer, das Eingreifen sofortiger Maßnahmen bei vorkommenden Unterwaschungen, bei Einbruch der Ufer, bei Entstehen von Terrainspalten und Rutschungen, die Einhaltung schon bestehender Schutzbauten nach Maßgabe hiezu erhaltener Weisungen, die eingetretenen Veränderungen des Wasserlaufes, die Aufarbeitung von Wildhölzern

in der Nähe des Baches, die Herstellung schadhafter Brücken und Stege u. s. w.

Von anderer Seite wurde vorgeschlagen, die zu organisierende Fluss- und Bachaufsicht den Straßenverwaltungen, bezw. ihren Organen zu übertragen.

Hinsichtlich des Hochwassernachrichtendienstes ist hervorzuheben, dass bei jedem Wasserwerke im Falle des Hochwassers gewisse Maßregeln zu ergreifen sind, so das Ziehen von Schleusen, das Ausschlagen von Wehraufsätzen, das Umlegen von Wehrständern u. dgl. m. Es sollen überhaupt rasch alle Hindernisse aus dem Wasserlauf entfernt, Menschenleben gesichert, Häuser geräumt werden u. s. w.

Telegraphischer und telephonischer Nachrichtendienst in dieser Richtung ist geboten. Die Art der Einrichtung dieses Dienstes auf Grundlage lediglich freiwilliger Mitwirkung Privater und der Gemeinden bietet keine genügende Gewähr.

Ueber einen im bayerischen Donaugebiet eingerichteten Hochwassernachrichtendienst gibt die Zeitschrift für Gewässerkunde genauen Aufschluss.[253]) Allerdings ist die Einführung eines solchen Hochwassernachrichtendienstes für kleinere Gewässer, Wildbäche, im Gebirge mit gewissen Schwierigkeiten und verhältnismäßig hohem Kostenaufwande verbunden, doch in einzelnen Fällen immerhin möglich und empfehlenswert.

Die Reinhaltung und entsprechende Profilierung der Gerinne kann freilich allein Ueberschwemmungen nicht immer verhindern und deshalb hat man sich in neuerer Zeit, wie das schon an anderer Stelle bemerkt wurde, der Ansicht zugekehrt, es seien dort, wo es die Verhältnisse ratsam erscheinen lassen, Sammelbecken, Stauweiher, Thalsperren, zur Ansammlung von Hochwässern zu schaffen. Es war Gelegenheit darauf zu verweisen, dass solche Maßnahmen für Wildbäche im allgemeinen außer Betracht zu bleiben haben.

Unter den neueren Gesetzen ist es das Hochwasserschutzgesetz für Preußisch-Schlesien vom 3. Juli 1900, auf welches noch an anderer Stelle, Seite 465, zurückgekommen wird, welches vorsieht, dass nicht nur die nötige Vorflut geschaffen, dass die Ufer und zum Teil die Sohle der Wasserläufe befestigt und dass Fels-

---

253) „Einrichtung des Hochwassernachrichtendienstes im bayrischen Donaugebiete"; Zeitschrift für Gewässerkunde, 5. Heft 1901.

blöcke und Gerölle schon im Gebirge durch Wildbachverbauungen festgehalten werden sollen, sondern dass auch der größte Teil des schädlichen Hochwassers in Sammelbecken und größeren Teichen festgehalten und zu gelegener Zeit unschädlich, zum Teil sogar nutzbringend abgelassen werden kann.

Von Wesenheit erscheint die reichlichste Ausgestaltung des hydrographischen Dienstes, wie er mustergiltig in Oesterreich und in der Schweiz eingerichtet ist.

Es sei hinsichtlich der bereits vorliegenden ausgezeichneten Arbeiten auf die Jahrbücher und andere Veröffentlichungen des k. k. hydrographischen Centralbureaus in Wien[254]) und bezüglich des hydrometrischen Dienstes in der Schweiz auf die Arbeiten der hydrometrischen Abtheilung des eidgenössischen Oberbauinspektorates über das Rhein- und Rhonegebiet verwiesen.[255], [256])

254) Jahrbücher des k. k. Hydrograph. Central-Bureaus in Wien; 1895 bis 1899.

255) „Wasserverhältnisse der Schweiz. Rheingebiet von den Quellen bis zur Taminamündung"; bearbeitet und herausgegeben von der hydrometrischen Abtheilung des eidg. Oberbauinspectorates. Bern 1896 u. 1901.

256) „Wasserverhältnisse der Schweiz. Rhonegebiet von den Quellen bis zum Genfer-See"; bearbeitet und herausgegeben von der hydrometrischen Abtheilung des eidg. Oberbauinspectorates. Bern 1898.



Abbildung Nr. 80. Thalsperre im Griesbache, Seitenzufluss des Preinerbaches bei Reich[illegible] Niederösterreich.

Aus: „Geschichte der österr. Land- und Forstwirtschaft und ihrer Industrien, 1848—189[illegible]".

VIII.

Die gebräuchlichsten Baumittel.

Es wird beabsichtigt, in diesem Abschnitte die bei Verbauung von Wildbächen in Anwendung kommenden gebräuchlichsten Baumittel, insofern dies nicht schon im VI. Abschnitte geschehen ist, hinsichtlich ihrer Konstruktion und Ausführung zu besprechen. Die beiden Abschnitte VI und VIII sollen sich gegenseitig derart ergänzen, dass es möglich wird, an ihrer Hand die gewöhnlichen baulichen Vorkehrungen, von besonderen Kunstbauten abgesehen, auch praktisch zur Ausführung bringen zu können. Die allgemeinen, einschlägigen Grundsätze und Lehren der Baumechanik und der Baukonstruktionslehre werden allerdings als bekannt vorausgesetzt.

Die Thalsperren.*)

Zweck, Geschichtliches, Wahl der Baustelle, Wahl des Baumateriales und allgemeine Konstruktionsgrundsätze.

Als Thalsperre wird gemeiniglich ein Querwerk, d. h. ein quer über das Rinnsal gestellter Bau, Abbildung Nr. 80, benannt, welcher der Zurückhaltung des Geschiebes oder auch des Wassers dient und eine Höhe von doch wenigstens 2 m über der Bachsohle hat.

Je nach der dem Baue im Dienste der Wildbachverbauung zufallenden Aufgabe werden Stau- und Konsolidierungswerke unterschieden. Im ersten Falle hat das Objekt die einzige oder doch die vornehmlichste Aufgabe, Geschiebe zurückzuhalten, im zweiten Falle aber die Bachsohle vor Erosion zu schützen oder anbrüchigen Lehnenfüßen, sowie auch anderen, höher gelegenen

---

*) Die Anlage von Thalsperren ist den folgenden, vorhergehenden Abbildungen zu entnehmen: Nr. 4, Seite 30, Nr. 5, Seite 32, Nr. 22, Seite 99, Nr. 23, Seite 107, Nr. 31, Seite 119, Nr. 45, Seite 139, Nr. 46, Seite 140, Nr. 59, Seite 158, Nr. 60, Seite 159, Nr. 62, Seite 162, Nr. 64, Seite 164, Nr. 71, Seite 188, Nr. 77, Seite 231 und Nr. 79, Seite 234.

Bauherstellungen zur Stütze zu dienen. Nicht selten kann die Thalsperre bei entsprechender Wahl der Baustelle beiden Aufgaben, d. i. der Zurückhaltung des Geschiebes und der Sicherung der Sohle oder der Lehnen zugleich gerecht werden. Thalsperren, welche als Stauweiher der Zurückhaltung des Wassers dienen, kommen, wie das an anderer Stelle hervorgehoben wurde, hier nicht in Betracht.

Die Thalsperren sind, worauf an anderer Stelle bereits zu verweisen Gelegenheit war, ein schon im Altertum in Anwendung gebrachtes Baumittel, welches damals vorwiegend der Wasseraufspeicherung, die andere Zwecke verfolgte, zu dienen hatte. Aegypten, Indien und andere Länder besaßen schon in uralten Zeiten derartige Bauten; Frankreich, Belgien und in neuester Zeit die meisten anderen Kulturstaaten sind daran, Wasserkräfte durch Thalsperrenanlagen auszunützen.

Im Dienste der Wildbachverbauung bietet die Seite 6 erwähnte Pontalto-Sperre, über welche auch die in der Fußnote angeführte Schrift[257]) Auskunft gibt, das erste größere Beispiel eines Thalsperrenbaues. Sicherlich war derselbe auch im Verlauf der letzten Jahrhunderte in den Gebirgsländern nichts seltenes, wie das dem bereits Seite 100 bezogenen Aufsatze von Franz Kreuter[180]) zu entnehmen ist.

Es heißt dort, dass die Verbauung der sog. „Weißlahn" bei Brixen in Tirol in den Jahren 1650—1662 mit Hilfe von Thalsperren erfolgte. Man fand an der Krone einer der oberen Sperren einen Stein mit Jahreszahl, welche der zweiten Hälfte des 17. Jahrhundertes angehört. In dem äußerst steilen Weißlahngraben stehen heute noch 16 steinerne, trocken gemauerte Sperren oder „Barren", wie sie dort genannt wurden, in Höhen von 3—5 m. Sie sind aus den Granitfindlingen, welche der dortigen Diluvialterrasse entnommen wurden, hergestellt.

Die Thalsperre bildet auch heute einen der wichtigsten baulichen Behelf der Wildbachverbauung. Wenn auch Schindler, wie auf Seite 43 und 44 ausgeführt wurde, der Thalsperre jede Berechtigung zur Anwendung abgesprochen hat, so ist das gewiss nicht zutreffend. Die Thalsperre soll, wo es nur halbwegs thunlich ist, vorwiegend als Konsolidierungswerk in Anwendung kom-

257) „La serra di Pontalto, rilevata ed ispezionata li 11. marzo 1882"; von Obrelli und Apollonio, 1882.

men und hat dann die Aufgabe, auf einer gewissen, von ihr beherrschten Strecke die Erosion der Sohle oder die Unterwaschung der Lehnenfüße zu verhindern.

In dieser Hinsicht kann von einer Unvollkommenheit der Wirkung, wie sie Schindler hervorhebt, wohl keine Rede sein. Dass das über die gefüllte, verlandete Thalsperre hinausragende Geschiebe abgespült und thalabwärts geführt wird, ist wohl sehr einleuchtend. Es darf aber nicht unberücksichtigt bleiben, dass die Thalsperre nur ein Mittel zum Zwecke ist und dass das Bestreben vorherrschen muss, auch durch andere Maßnahmen dahin zu wirken, die Geschiebezufuhr von oben thunlichst einzuschränken oder wenn möglich gänzlich zu beheben.

In dem Falle, in welchem die Thalsperre nur als Stauwerk zu wirken hat, ist diese ihre Wirkung allerdings insofern unvollkommen, als sie, einmal gefüllt, kein Material mehr zurückzuhalten vermag. Dann besteht aber diesbezüglich keinerlei Täuschung und es ist Grund genug vorhanden, der erzielten Wirkung, d. i. der teil- oder zeitweisen Zurückhaltung des Geschiebes, besonderen Wert beizumessen.

Es ist richtig, dass durch die Staffelung der Bachsohle Abstürze entstehen müssen und dass das Vorfeld die Achillesferse einer jeden Thalsperre bedeutet. Es ist aber aus dieser Thatsache weder die Naturwidrigkeit des Thalsperrenbaues, noch der zwingende Grund abzuleiten, die Anwendung desselben zu unterlassen, zumal durch entsprechende Konstruktion die Gefahr genügend beseitigt werden kann.

Die Befürchtung, dass der vorkommenden Falles sich bergseits der Thalsperre entwickelnde Schuttkegel die Wässer gegen die Thalsperrflügel drängen kann, ist begründet, doch hat Schindler selbst zugegeben, dass durch Erhöhung der Thalsperrflügel oder Herstellung eines eigenen Flügelschutzes, so von Flügelmauern, dem Uebel zu steuern ist. Der Einwand, dass ein solches Mittel, weil im Erosionsgebiete jede Konzentrierung der Wässer unnatürlich, auch selbst nicht naturgemäß sei, kann nicht als stichhältig bezeichnet werden.

Ganz besonders muss aber die Befürchtung, dass die Bildung des Schuttkegels auf der Thalsperre die Seitenwandung der Runse gefährdet, deshalb überraschen, weil sich doch das ganze System Schindlers eben auf die Begünstigung der Schuttkegelbildung stützt. Allerdings sollen nach Schindler die auf „eigenen Füßen“

stehenden Schuttkegel im Hinblick auf die Einsturzgefahr der Thalsperre vorzuziehen sein, was jedoch nicht erwiesen ist.

Die Möglichkeit des Einsturzes der Thalsperren ist allerdings vorhanden; so soll z. B. Ragatz im 19. Jahrhunderte durch den Bruch einer Thalsperre in der Tamina plötzlich 4—5 m hoch verschüttet worden sein. Die Gefahr des Einsturzes ist aber gewiss nicht größer, als bei manchen anderen Wasserbauten und die Folgen des Bruches einer Thalsperre sind, richtige Konstruktion vorausgesetzt, nicht immer gefahrbringend; auch lässt sich diesbezüglich durch Anwendung mehrerer kleiner statt eines großen Objektes mancher Gefahr begegnen. Sicherlich ist der Thalsperrenbau von dem Vorhandensein geeigneten Baumateriales abhängig, doch kann dieser Umstand gegenüber der von Schindler gerühmten Verpfählung, deren Durchführung doch auch Stammholz erfordert, welches ja auch nicht immer verfügbar ist, nicht in die Wagschale fallen.

Dass die Verbauung von oben nach unten hin zu bewerkstelligen sei und der Thalsperrenbau diesem Grundsatze widerspreche, ist nicht zutreffend.

Allerdings hat, wie das an anderer Stelle hervorgehoben wurde, die Verbauung im großen und ganzen von oben nach unten hin fortzuschreiten, allein jede einzelne, für sich der Verbauung zu unterziehende Bachstrecke, oder jedes einzelne Verbauungsobjekt, jede Bruchfläche u. dgl. m. bedarf einer Stütze im Fuße, daher sich dann der Baufortschritt von unten nach oben ergibt und diesem Grundsatze widerspricht der Thalsperrenbau gewiss nicht.

Wenn der mehr genannte Autor behauptet, dass die Thalsperre nur dort Berechtigung hat, wo zwischen Felswänden das Mittelstück fehlt, wo also auch die Natur mit unzweifelhafter Deutlichkeit zeige, dass ihr vorheriger Stand wieder hergestellt und der unnatürliche Felspass durch einen künstlichen, steinernen Aufbau geschlossen werden solle, so liegt in dieser Behauptung gewiss ein Widerspruch. Wenn der Thalsperrenbau thatsächlich eine naturwidrige Maßnahme ist, so muss er es ganz unabhängig von der Beschaffenheit der Sohle und der Böschungen sein und bleiben. Auch scheint es sehr voreilig, die unbedingte Zweckmäßigkeit des Thalsperrenbaues zwischen Felswänden ohne Berücksichtigung des Verlandungsraumes auszusprechen.

Was nun zunächst die Wahl des Baustelle für Thalsperren anbelangt, so sind in erster Linie die Aufgaben des Objektes maßgebend.

Bei einem Stauwerke wird das Bestreben maßgebend sein, eine möglichst große Verlandung, d. i. Materialanhäufung bergseits des Objektes zu erzielen. Die Verlandung wird um so größer werden, je geringer das ursprüngliche Bachgefälle und je breiter das Verlandungsgebiet oberhalb des zu verbauenden Werkes sind. Das Objekt soll weiters bei thunlichster Bauökonomie die entsprechende Festigkeit besitzen und die Sicherheit in sich bergen, dem Drucke der gestauten Massen, mehr aber noch der unterwaschenden, auskolkenden und seitlich hinterspülenden Thätigkeit des Wassers zu widerstehen. Für die Wahl der Baustelle ist sonach die Beschaffenheit derselben von großer, ja vielfach ausschlaggebender Wichtigkeit.

Je widerstandsfähiger die Sohle und die Böschungen sind, in welche das Objekt eingebaut wird, desto geringer ist die Gefahr für den Bestand desselben.

Enge Felsschluchten mit felsiger fester Sohle, ober welchen sich das Thal erweitert, das Gefälle ein geringes ist, eignen sich demnach zur Anlage von solchen Werken am vorteilhaftesten. Nicht selten finden sich solche Oertlichkeiten dort, wo die diluvialen Ablagerungen an feste, durch die erodierende Thätigkeit des Wassers zersägte Querriegel stoßen, so vielfach am oberen Ende des Sammelkanales oder in dessen nächster Nähe. In den französischen Wildbächen, woselbst Thalsperren, Querwerke überhaupt, zu den wichtigsten Baumitteln zählen, werden die ersteren auch mitunter in die Bachweiten gestellt, weil dort die Gewalt der Murgänge geringer ist und der Verlandungsraum oft besser ausgenützt werden kann. Doch erfordert die Herstellung solcher Objekte größere Kosten.

Breton[124]) und Scipion Gras[15]) sind in ihren Anschauungen bezüglich der Wahl der Baustelle für Stausperren auseinandergegangen.

Breton errichtet die Stausperren vorwiegend in der Schlucht und sucht an Höhe zu gewinnen, was an der Breite fehlt. Er fasst die allmähliche Sperrerhöhung ins Auge und zwar mit Staffelung der thalseitigen Stirnwand oder ohne dieselbe, „les barrages en gradins". Er spricht sich bei Stausperren gegen den Ersatz eines großen Objektes durch mehrere kleinere, wegen des Verlustes an Verlandungsmasse aus. Breton betrachtet übrigens solche Objekte nur als vorübergehendes Auskunftsmittel und erwartet, wie

Surell,[10]) dauernde Beruhigung nur von der Förderung oder Schaffung der Vegetation.

Scipion Gras, der, wenn auch den Wert der Vegetation anerkennend, deren genügende Wiederherstellung oder Schaffung in den meisten Fällen als unmöglich erachtet, schreibt den Thalsperren viel größere Bedeutung als Breton zu. Er unterscheidet zwei Systeme, je nachdem eine vollständige oder nur teilweise Rückstauung beabsichtigt wird, und empfiehlt nicht untertauchbare Sperren, „barrages insubmersibles", für den ersteren und untertauchbare Sperren, „barrages submeribles", für den zweiten Fall.

Die Sperren, die er nicht untertauchbar nennt, sind die gewöhnlichen Stausperren. Die untertauchbaren sollen dagegen in den oberen Partien jener Ablagerung angelegt werden, die sich nicht selten als Schuttkegel in das Innere der Uferhänge hineinzieht.

Solche Sperren, mit horizontaler Krone, sollen den vornehmlichen Zweck haben, eine Zerteilung des Wassers herbeizuführen und dessen Konzentrierung auf dem Schuttkegel zu vermindern. Es scheint, als würde Scipion Gras damit solche Objekte meinen. die der Verschüttung anheim fallen, die also eigentlich den allmählichen Aufbau des Schuttkegels begünstigen sollen. Es wären das allerdings im strengen Sinne des Wortes Stauwerke, doch wäre ihnen, wo ihre Anlage zu empfehlen, vorteilhaft geringere Höhe, sonach im allgemeinen eher der Charakter von Grundschwellen geben. Bei Wahl der Baustelle können dann allerdings die für die eigentlichen Stauwerke geltenden Grundsätze kaum Anwendung finden.

Obzwar die für Stauwerke hinsichtlich der Wahl der Baustelle geltenden Grundsätze im allgemeinen auch bei Konsolidierungsbauten zu berücksichtigen sind, so kann und wird es doch, wie dies aus den bezüglichen Ausführungen des VI. Abschnittes hervorgeht und einzelnen Abbildungen zu entnehmen ist. oft notwendig fallen, die letzteren im Bruchboden einzubauen. Es ist die Wahl der Baustelle hier viel zu sehr von der jeweiligen. ungleich vielseitigen Aufgabe und von den örtlichen Verhältnissen abhängig.

Insoweit die Wahl der Baustelle von der Masse der voraussichtlichen Verlandung abhängt, kann diese letztere, wie dies Thiéry[29]) ausführt, auf die folgende einfache Weise ermittelt werden:

Wird durch den Verlandungskörper in der Richtung der Längsachse ein Schnitt *ABC*, Fig. 46, geführt, welcher als der mittlere mit Rücksicht auf die Verhältnisse im Verlandungsraume anzusehen ist, bedeutet α das ursprüngliche Gefälle und β das Ausgleichsprofil, so ist, wenn c die von C nach D geführte horizontale, und h die Sperrhöhe AB bedeuten,

$$AD = c \cdot \text{tang. } \alpha$$
$$BD = c \cdot \text{tang. } \beta$$
$$AD - BD = h = c\,(\text{tang. } \alpha - \text{tang. } \beta).$$

Nachdem die Fläche des Dreiecks

$$ABC = F = \frac{ch}{2} = {}^1\!/_2 \frac{h^2}{\text{tang. } \alpha - \text{tang. } \beta}$$

ist, so wird die Masse V des Verlandungskörpers gefunden, wenn diese Fläche mit der mittleren Breite der Querschnitte des Verlandungsraumes multipliziert wird. Ist dieser mittlere Querschnitt m, so ist die Verlandungsmasse

1) $$V = {}^1\!/_2 \cdot \frac{h^2}{\text{tang. } \alpha - \text{tang. } \beta} \cdot m.$$

Es hat diese Berechnung allerdings insoferne ihre unsichere Grundlage, als die Ermittelung des dem mittleren Längsschnitte entsprechenden Dreieckes *ABC*, noch mehr aber die Ermittelung der mittleren Breite des Verlandungsraumes, bei der zumeist sehr unregelmäßigen Form des letzteren, Schwierigkeiten hat, ganz abgesehen davon, dass die zutreffende Größe des Ausgleichsprofiles auch nur annähernd beurtheilt werden kann. Da es aber bei solchen Berechnungen auf eine große Genauigkeit nicht ankommt, so ist es doch möglich, auf rasche Weise wenigstens ein annäherndes Bild über die voraussichtliche Stauwirkung des Objektes zu gewinnen. Es ist übrigens zu beachten, dass es bei

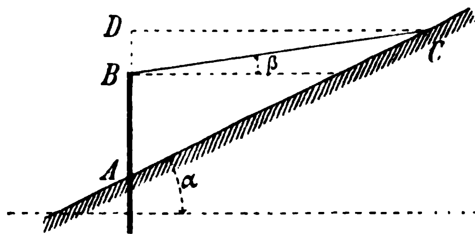


Fig. 46.

Wildbachverbauungen zumeist nicht auf die Masse des Staues ankommt, sondern auf die durch ihn erzielte anderweitige Wirkung.

Für die Wahl des Baumateriales sind in erster Linie die schon an anderer Stelle berührten allgemeinen Grundsätze maßgebend. Im allgemeinen ist gerade bei Thalsperren, und insbesondere dann, wenn es sich um höhere derartige Objekte handelt, der Stein, der größeren Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit des Materiales gegen den Stoß und die Reibung des Geschiebes wegen, vorzuziehen. Immerhin kann es in gewissen Fällen zweckdienlich und notwendig werden, Sperren aus Holz auszuführen, so, wenn geeigneter Stein fehlt oder wenn nicht genügende Geldmittel zur Verfügung stehen, dann auch in dem Falle, wenn es sich um Entgegennahme von Holz als Konkurrenzbeitrag der örtlich Beteiligten zu den Bauten handelt. In Fällen, wo die zu erbauenden Sperren nur eine vorübergehende Wirkung auszuüben haben, kann sich der Holzbau empfehlen. Dem letzteren wird übrigens im allgemeinen eine zu kurze Dauer zugeschrieben. Bei entsprechender Auswahl des Materiales und solider Bauausführung können Holzsperren 50 Jahre und darüber in Wirkung bleiben. Ihre Dauerhaftigkeit wird dann bedeutend erhöht, wenn der Wildbach nicht zu grobes Geschiebe führt, daher gegebenen Falles eine förmliche Zertrümmerung der Bestandteile des Baues nicht zu erwarten ist.

Ein wesentlicher Vorteil kann den Holzsperren gegenüber den Steinsperren nicht abgesprochen werden, es ist dies die geringere Gefahr plötzlicher Zerstörung im Falle der Beschädigung, zurückzuführen auf die Elastizität des Holzes und den besseren Zusammenhalt der einzelnen Baubestandteile untereinander.

Während in Frankreich vornehmlich der Steinbau in Anwendung kommt, hat man in den waldreichen Gegenden der Schweiz und auch Oesterreichs Thalsperren aus Holz, solche selbst in großen Dimensionen, allerdings fast ausschließlich bei Verwendung von starkem Bauholz und nur in seltenen Fällen von schwächeren Holz-Sortimenten, erbaut.

Es wurde wohl auch die Anlage von lebenden Thalsperren bei Verwendung von ausschlagfähigem Gehölze empfohlen, doch kann dieselbe für die meist grobes Geschiebe führenden Wildbäche, weil zu wenig widerstandsfähig, kaum in Betracht kommen. Die Höhe der Thalsperren ist in erster Linie von ihrem Zwecke

abhängig. Allerdings sind auch die Verhältnisse in den jeweiligen Querprofilen der Bachläufe, in welche die Thalsperren einzubauen sind, für die Objektshöhe sehr maßgebend, denn die mit zunehmender Höhe in der Regel verbundene Verbreiterung des Querprofiles und damit auch Vergrößerung der Spannweite des Objektes, findet technisch und ökonomisch ihre Grenzen. Auch ist auf die durch Errichtung einer zu hohen Sperre eventuell eintretende Gefahr der Ueberflutung des angrenzenden Geländes Rücksicht zu nehmen.

Im allgemeinen ist der schon an anderer Stelle aufgestellte Grundsatz festzuhalten, wo nur immer es die örtlichen Verhältnisse gestatten, statt einer hohen Sperre, deren mehrere, niedrigere zu errichten. Naturgemäß ist ein hohes Objekt, wenn es nicht auf festem Fels erbaut sein sollte, der Gefahr der Unter-

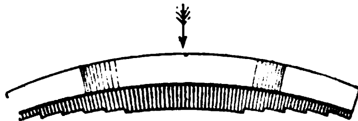


Fig. 47.

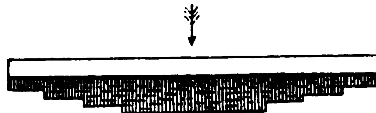


Fig. 48.

waschung in erhöhtem Maße ausgesetzt und dessen Erhaltung erfordert verhältnismäßig große Sachkenntnis und größere Kosten, wohl auch eifrigere Beaufsichtigung, zumal sich vielfach an dessen Bestand ein besonderes Interesse knüpft.

Größere Stabilität, leichtere und billigere Konstruktion, bessere Möglichkeit der Verwertung des in der Nähe der Baustelle befindlichen Baumateriales sind die im allgemeinen den niederen Objekten zukommenden Vorteile, zu welchen sich die bereits im Abschnitte VI, gelegentlich der Besprechung der Vorkehrungen gegen Erosion erwähnten, hinzugesellen. Im allgemeinen sollte die Höhe der gemauerten Thalsperren 6 m, jener in Holzkonstruktion 4 m nicht überschreiten. In breiten Profilen wird im allgemeinen die Höhe eine geringere als in engen sein.

Hinsichtlich der Form der Thalsperren kommt zunächst deren Grundriss in Betracht zu ziehen.

Gemauerte Objekte sind entweder gewölbeförmig, zumeist liegendes Gewölbe mit dem Scheitel stromaufwärts, Fig. 47, oder geradlinig, Fig. 48, oder, wie Demontzey[14]) für einfache Werke em-

pfiehlt, nach beiden Formen zusammengesetzt, Fig. 49, d. i. in der Mitte bogenförmig, in den Flügeln geradlinig zu erbauen.

In der Regel wird bei Wahl der Gewölbeform die Konstruktion derart auszuführen sein, dass, wie vielfach in der Schweiz in Anwendung, nach Fig. 47 die innere Sehne gleich dem Radius oder aber zu dem zehnfachen der Pfeilhöhe wird.

Letztere Ausführung ist in Frankreich und in Oesterreich gebräuchlich.

Im allgemeinen liegt der Zweck der Bogenform in der Erhöhung des statischen Momentes der Widerstandsfähigkeit gegen den Druck und Stoß der herabkommenden Geschiebsmassen. Gewölbte Sperren, die sich auf festen Fels oder feste künstliche Widerlager stützen, sind als besonders widerstandsfähig anzusehen.

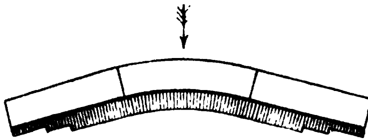


Fig. 49.

Die Anlage gewölbter Thalsperren empfiehlt sich sonach dort, wo für die Flügel des Objektes feste Widerlager vorhanden sind, oder wo ein besonderer Seitendruck auf das Objekt nicht zu befürchten ist. Flache Bögen sind vorzuziehen, weil sie in der Regel mit dem zur Verfügung stehenden Material leichter ausgeführt werden können und weil sie bei einem allenfalls eintretenden Seitendruck, im Gegensatze zu Bögen von kleinem Halbmesser, größeren Widerstand leisten.

Bei Thalsperren mit flachen Bögen genügt es behufs deren allfälliger Erhöhung, die oberen Schichten oder Ringen zu verlängern, um sie wieder mit dem Hang gut verspannen zu können, während bei kleinen Halbmessern der obere Teil der Sperren rasch aus den Böschungen herauswächst und dann mit Flügeln an dieselben zurückgebunden werden müsste. Hiedurch entstünde eine freistehende Ecke ohne die genügende erforderliche Festigkeit des Widerlagers, also ohne die nötige Voraussetzung für einen gewölbeartigen Schluss.

Geradlinige gemauerte Sperren empfehlen sich dort, wo von den beiden Anschlusslehnen ein Seitendruck auf das Objekt ausgeübt wird und in den Fällen geringerer Spannweite, wo dann die Gefahr des Ausbauchens durch den Druck der bergseits gestauten Massen nicht in hohem Maße vorhanden ist.

Geradlinige Sperren bedürfen im allgemeinen einer sorgfältigeren Herstellung als gewölbte, weil bei den letzteren der Zusammenhang der Mauerteile im Gewölbe an und für sich ein innigerer ist. Zu berücksichtigen kommt, dass der Absturz der Wässer bei stark gewölbten Thalsperren ein konzentrierterer, als bei schwach gewölbten oder gar bei geradlinigen wird, worauf besonders im Falle erodierbaren Vorfeldes Bedacht zu nehmen ist.

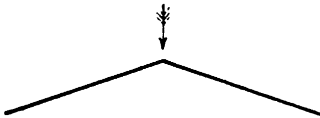


Fig. 50.

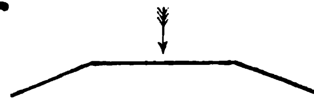


Fig. 51.

Die vorerwähnte dritte Form für Thalsperren nach Demontzey bietet füglich keinerlei wesentliche Vorteile.

Thalsperren aus Holz sind geradlinig und zwar je nach ihrer Spannweite und je nach der Länge des zur Verwendung gelangenden Bauholzes gebrochen, Fig. 50 und Fig. 51, oder ungebrochen gebaut, wobei es sich in ersterem Falle nicht empfiehlt, zu viel von der Geraden abzuweichen, weil sonst leicht die Festigkeit in den Widerlagern verloren geht.

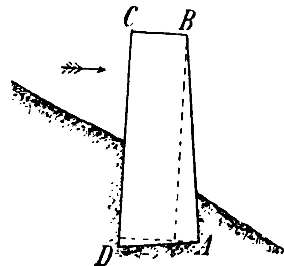


Fig. 52.

Was den Querschnitt der Thalsperre anbelangt, so erhält derselbe zumeist die Form eines Trapezes nach Fig. 52. In derselben stellen *AB* die thalseitige, *CD* die bergseitige Stirnwand, *BC* die Krone, *AD* die Fundamentlinie des Objektes dar.

Die thalseitige Stirnwand *AB* ist bei gemauerten, nicht zu hohen Objekten in der Regel mit einem Anlaufe von 1:4 oder 1:5 versehen. Steiler Anlauf verursacht heftigeren Anprall der Wässer am Fuße des Objektes, flacher Anlauf setzt die thalseitige Stirnwand zu sehr dem Anpralle der abstürzenden Wasser- und Geschiebemengen aus.

Thiéry [29]) bezieht sich auf einen Aufsatz M. Vaultrin's in der „Revue des eaux et forêts“, Jahrgang 1884, in welchem

über den wünschenswerten Anlauf Näheres zu finden ist. Wird der Anlauf mit nh bezeichnet, wobei n das Böschungsverhältnis bedeutet, so ergibt sich die Bedingungsgleichung

2) $$n < v \sqrt{\frac{2}{gh}}$$

wobei v jene Grenzgeschwindigkeit bedeutet, welche hinreicht, die kleinsten vorhandenen Steine, die die thalseitige Stirnwand beschädigen könnten, in Bewegung zu setzen. h ist die Sperrhöhe und g die Beschleunigung der Schwere. Als oberste Grenze ist

$$n = v \sqrt{\frac{2}{gh}}$$

zu setzen.

Bei Annahme dieses Böschungsverhältnisses wird das gemeinte Geschiebe die thalseitige Stirnwand im Sturze nicht mehr

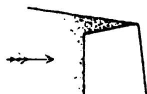


Fig. 53.

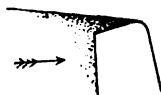


Fig. 54.

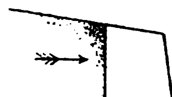


Fig. 55.

berühren. So würde sich z. B. für 0.3 m große Steine vom spez. Gewichte 2·4 nach Formel 15, IV. Abschnitt 1. Teil, bei Annahme eines Gefälles von 10 Proc. und eines Reibungskoeffizienten von 0,76, $v = 2$ m rund, und daher für n, bei einer Sperrhöhe von 5 m, 0.40 ergeben. Je höher die Sperre, desto steiler der Anlauf.

Nach Demontzey ist den trocken gemauerten Sperren ein Anlauf von 25 Proc., jenen in gemischter Mauerung ein solcher von 20 Proc. zu geben.

Die Krone ist nach Fig. 52, wie es Demontzey empfiehlt, horizontal oder nach Fig. 53 bergseits geneigt zu halten. Im ersteren Falle ist die thalseitige Kronenkante allerdings besser geschützt, dagegen bleibt auf der Krone leichter Material liegen und das Wasser wird gegen die Flügel gedrängt, was in gewissen Fällen zu vermeiden ist. Die Lage nach Fig. 53 setzt die thalseitige Kronenkante dem Stoße des Geschiebes aus, welcher Nachteil jedoch durch Abrunden, Fig. 54, behoben werden

kann. Die Krone selbst bleibt dann durch die Verlandung besser geschützt.

Die Lage nach Fig. 55 würde eine raschere Abnützung der Krone, die dann vorteilhaft noch besonders versichert werden müsste, bewirken. Ueberdies erschiene die bergseitige Kronenkante dem Stoße des Geschiebes stärker ausgesetzt.

Die bergseitige Stirnwand ist in der Regel vertikal gestellt oder nur schwach gegen das Thal geneigt. Die Fundamentlinie wird zur Erhöhung des Reibungswiderstandes bergseits geneigt, mitunter auch senkrecht zur thalseitigen Stirnwand gehalten.

Thalsperren in Holzkonstruktion erhalten, insofern es sich um größere Bauten handelt, zumeist rechteckigen Querschnitt. Solchen Sperren an der Thalseite einen Anlauf zu geben oder

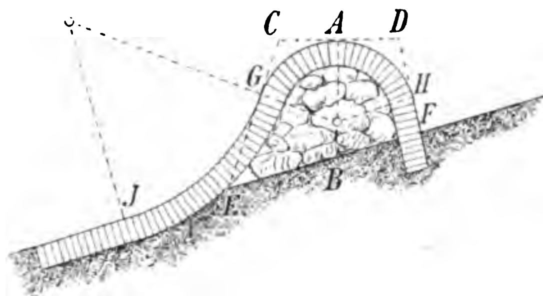


Fig. 56.

sie dort treppenförmig auszubauen, empfiehlt sich, da die Bestandteile durch Wasser und Geschiebe zu stark leiden könnten, nicht.

Eine seltenere Querschnittsform ist jene nach Aebi, Fig. 56, die sich als sehr widerstandsfähig erwiesen haben soll. Die Konstruktion des Profiles ist die folgende:

$CD = AB$. Die Geraden CE und DF haben die Neigung $1:3$.

$$CG = DH = AC = AD$$
$$EJ = EG.$$

Die Schnitte der Senkrechten in G, J und H auf CE, EJ und DF geben die Mittelpunkte der die Profilform begrenzenden Kreisbögen.

Auf Thalsperren mit ebener Krone bleiben, wie Pestalozzi[181]) sagt, die Murgänge nicht selten liegen. Das Wasser sucht dann einen anderen Weg und kann die Sperre seitlich unterwaschen. Auch Be-

schädigungen der obersten Mauerschichten von mit ebener Krone aufgebauten Thalsperren, die leicht weiter greifen und zur Zerstörung des ganzen Werkes Anlass geben können, kommen vor. Die Kronenform nach Aebi soll diese Uebelstände beseitigen. Die Murgänge finden hier nicht so leicht Angriffspunkte und können sich nicht auf der Krone halten. Oft bleiben sie zwischen G und J liegen, schaden aber dort nicht und werden durch das nachfolgende Wasser allmählich abgespült. Diese Konstruktion ist nach Pestalozzi dort zu empfehlen, wo auf Gerölle gebaut wird.

In Oesterreich und Frankreich sind mit einer derartigen Querschnittsform ausreichende Erfahrungen bisher nicht gesammelt worden. Nur in Tirol kamen ähnliche, kleinere Objekte in größerer Anzahl zur Ausführung, meist zur Sicherung von Furten und sind dort in Fachkreisen unter dem Namen „Rampensperren“ bekannt. Für Objekte, welche mit kleinem Steinmateriale in Cementmörtel zu erbauen sind, dann aber insbesondere für Betonbauten, könnte diese oder eine ihr ähnliche Form sicherlich empfohlen werden. Wo großer schöner Stein zur Cyklopenmauerung zur Verfügung steht, die Form ohne größeren Kostenaufwand nicht leicht hergestellt werden kann, dürfte wohl von ihr abzusehen sein.

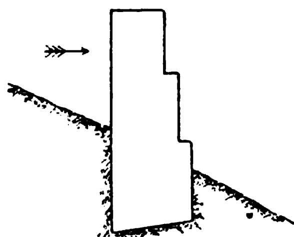


Fig. 57.

Noch wäre die Querschnittsform zu erwähnen, bei welcher die thalseitige Stirnwand nach Fig. 57 gestaffelt erscheint. Diese Form kann den Vorteil haben, dass bei Wahrung gleicher oder annähernd gleicher Stabilität des Baues eine nicht unbedeutende Materialersparung erzielt und überdies die Kraft des Wassers beim Absturz über die Staffeln gebrochen wird. Dagegen darf nicht außer acht gelassen werden, dass eine gestaffelte Stirnwand ungleich mehr dem Stoße durch die Wasser- und Geschiebsmassen ausgesetzt ist, daher die Verwendung guten Baumateriales vorausetzt. Ist das nicht der Fall, so werden Steine leicht aus dem Verbande gerissen, auf jeden Fall erleiden sie eine wesentliche Abschleifung und die Stirnwand selbst ist der Erschütterung mehr ausgesetzt.

Tritt bei vollzogener Verlandung und aus anderen Gründen die Notwendigkeit ein, die Sperre zu erhöhen, so kann bei ge-

nügender Kronenstärke die ursprüngliche Querschnittsform beibehalten werden, was bei rechteckigem Querschnitte immer zutrifft. Bei trapezförmigen Querschnitten wird die Kronstärke zumeist für die Erhöhung nicht mehr genügen und es wird dann nach den Figg. 58, 59 oder 60 vorzugehen sein.

Aus der gebräuchlichen Grundrissform und dem trapezförmigen Querschnitt ergeben sich bei gewölbten Sperren verschiedene Bautypen und zwar:

Die bergseitige Stirnwand ist eben, vertikal und senkrecht zur Achse des Wildbaches gestellt. Die thalseitige Stirnwand ist konisch mit Anlauf; die Erzeugende der Kegelfläche, deren Achse vertikal steht und durch den Mittelpunkt der Krümmung geht, ist eine nach dem Anlauf geneigte Linie. Diese Type kam bei den großen, französischen Thalsperren in Anwendung.

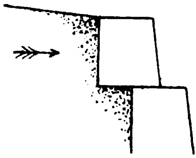


Fig. 58.

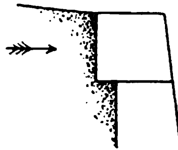


Fig. 59.

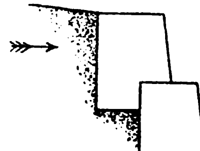


Fig. 60.

Die bergseitige Stirnwand kann eben, mit Anlauf, die thalseitige Stirnwand eine vertikale Cylinderfläche sein.

Die thalseitige Stirnwand ist konisch, die bergseitige cylindrisch und vertikal. Die Erzeugende des Kegels ist eine nach dem Anlauf geneigte Linie; die Achse des Kegels ist vertikal und durch den Mittelpunkt der bergseitigen Krümmung gehend.

Diese Type kann auch bergseitigen Anlauf aufweisen.

Die bergseitige Stirnwand ist cylindrisch, vertikal, die thalseitige ist konisch, sich auf geradlinige Mauern stützend, die nach der in den Endpunkten des Bogens gezogenen Tangente errichtet werden.

Es ist überflüssig jene Typen zu erwähnen, die sich aus der verschiedenen Grundrissform bei rechteckigem Querschnitte, oder nach der Querschnittsform des Parallelogrammes, für gewölbte sowie für geradlinige Sperren ergeben.

Jene Sperrformen, bei welchen eine Verbreiterung der Flügel

eintritt, sind dann bedenklich, wenn Seitendruck zu erwarten ist, weil diesem, allerdings bei gleichzeitiger Objektsverstärkung, mehr Angriff geboten erscheint.

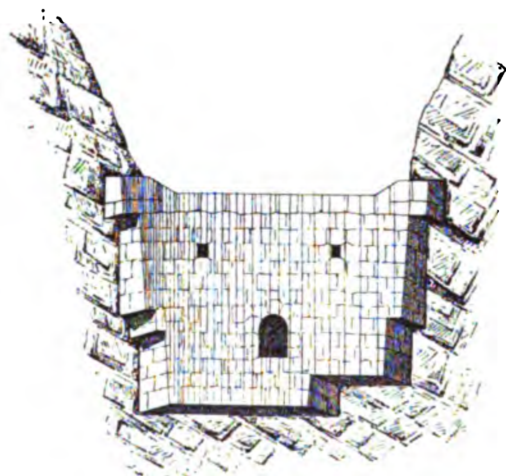


Fig. 61.

Die Form einer Thalsperre in der Ansicht ist aus der Fig. 61, welcher die Figg. 62 und 63 zugehören, zu entnehmen, wobei zunächst auf die der Material- und Arbeitsersparung wegen bewerkstelligte treppenförmige Ausbildung der seitlichen Fundamentlinien hingewiesen wird.

Es ist meist hinreichend, ja vielfach vorteilhaft, die Thalsperren in die Böschung, allerdings hinreichend tief, einzubauen und nicht auf Widerlager zu stützen. Solche Objekte, die sich aus einzelnen, tief genug in die Böschung eingreifenden Ringen zusammensetzen, sind mehr gegen die seitliche Unterwaschung geschützt, auch kann ihre Erhöhung leichter durchgeführt werden. Selbstverständlich ist die Tiefe des Einbaues von der Beschaffenheit der Anschlusslehnen abhängig.

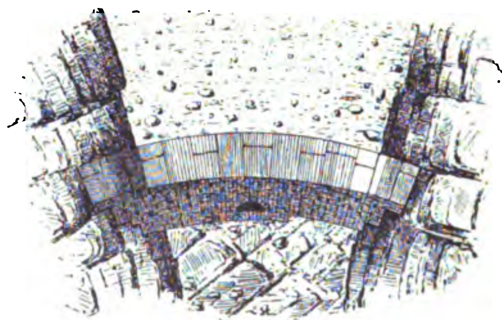


Fig. 62.

Die Kronenform kann in der Ansicht eine verschiedene sein. Als Grundsatz hat zu gelten, das Wasser von gefährdeten, lockeren Anschlusslehnen abzuhalten. Aus diesem Grunde bekommt die

Krone eine eigene Abflusssektion nach Fig. 64, wenn beide, oder nach Fig. 65, wenn nur eine Anschlusslehne lockerer Beschaffenheit sein sollten.

Eine in der Ansicht geradlinige Krone, Fig. 66, hat den



Fig. 63.

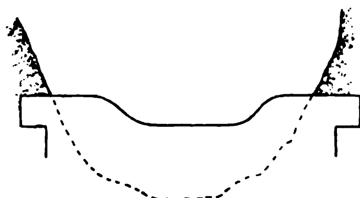


Fig. 64.

Vorteil, dass sie gleichmäßig in Anspruch genommen ist, dass der Wasseranprall am Objektsfuße etwas gemildert wird und dass bei Holzsperren die Bestandteile beständiger befeuchtet, daher im allgemeinen auch dauerhafter sein werden. Bei Vorhandensein beiderseits felsiger Anschlusslehnen wird sich sonach diese Kronenform empfehlen, zumal auch das Liegenbleiben von Materialmengen auf der Krone und dann das seitliche Abdrängen des Wassers gegen die Flügel unbedenklich sind.

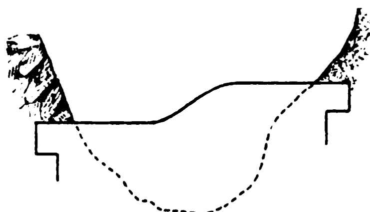


Fig. 65.

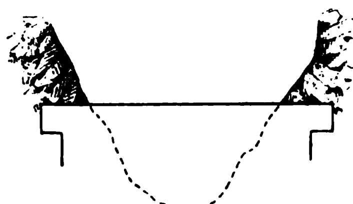


Fig. 66.

Die trapezförmige Abflusssektion, die bei Holzbauten zumeist, in der Schweiz, in Frankreich und in Oesterreich auch bei gemauerten Sperren in Anwendung kommt, hat gegenüber der schalenförmigen, Fig. 74, Seite 326, den Vorteil, dass das Wasser in der Abflussektion im Interesse des Kronenschutzes und im Interesse des Schutzes des

Vorfeldes nicht zu sehr konzentriert wird, was gerade bei Steinsperren sehr zu beachten ist. Gewiss ist aber dann ein fester Aufbau der Seiten geboten, die namentlich im Falle von Murgängen leicht beschädigt werden können. Ein flaches Ansteigen der Flügel ist jedenfalls besser als ein steiles. Eine dreiecksförmige Ausformung der Abflusssektion, wie sie bei Holzbauten vorkommen kann, empfiehlt sich, des verstärkten Abflusses wegen in keinem Falle. Nach Thiéry[29]) bezw. nach Vaultrin soll die Abflusssektion, wenn sie schalenförmig ist, bei kleinen Wasserläufen ein Kreissegment sein, dessen Halbmesser gleich der Sehne wird. Im Falle der Abstand der beiden Ufer 12 m übersteigt, ist der Halbmesser der Krümmung zu vergrößern, so dass der Centriwinkel, der im ersten Falle 60° beträgt, bis etwa 30° herabsinken kann. In breiten Wasserläufen wähle man die trapezförmige Abflusssektion. eingeschrieben einem oder dem anderen der beiden vorgedachten Kreissegmente. Dabei soll die Breite des Abflusses stets kleiner sein. als jene der Bachsohle thalseits und die Neigung der beiden Flügel soll dem natürlichen Böschungswinkel des vom Bache geführten Geschiebes entsprechen. Vorteilhaft ist es, die Ecken des Trapezes abzurunden. Uebrigens wird in manchen Fällen die Abflusssektion ihrer Lage und Form nach auch dazu dienen können, dem Wasserlaufe nach abwärts hin eine bestimmte Richtung zuzuweisen. Die Größe der Abflusssektion steht mit dem zu erwartenden Abfluss in Beziehung.

Der Sperrkörper, wie er seiner Konstruktion nach vorstehend im allgemeinen beschrieben wurde, bildet nur dann für sich allein das ganze Objekt, wenn er, wie in Fig. 61 gedacht, in der Sohle und in den Böschungen in festes Fundament eingebaut werden kann. Trifft diese Voraussetzung nicht zu, so müssen zu seiner Sicherung noch andere Vorkehrungen getroffen werden. In erster Linie kommt bei auskolkbarer Sohle die Versicherung des Vorfeldes in Betracht.

Am Fuße einer jeden Thalsperre, eines jeden Querwerkes, entstehen, veranlasst durch die bedeutende Geschwindigkeit des überströmenden Wassers, lebhafte Wirbel, Gegenströmungen und Schwankungen des Wasserspiegels, welche Unregelmäßigkeiten auch eine Unregelmäßigkeit der Flusssohle und der Ufer, die Kolkung bedingen. Aus diesem Grunde fällt die besondere Fundierung und Versicherung des Fußes der Objekte im Vorfelde derselben nötig.

Diese Versicherung der Sohle unterhalb der Sperre gegen die Folgen des Absturzes bietet allerdings oft die größten Schwierigkeiten. Ein lehrreiches Beispiel in dieser Richtung gibt die Seite 9

erwähnte Avisio-Sperre, Abbildung Nr. 3, Seite 8, deren Vorfeld so schwer zu halten war, dass ein eigener Abflusskanal am rechten Ufer hergestellt werden musste, dessen Instandhaltung, der großen abfließenden Wassermengen und des großen Gefälles wegen, mit alljährlich erwachsenden, bedeutenden Kosten verbunden ist.

Sind die beiderseitigen Anschlusslehnen felsig, die Sohle dagegen aus losem Schotter zusammengesetzt, so kann es sich be-



Abbildung Nr. 81. Thalsperre im Baue Wildbach „Boscodon"; französische Hochalpen.

hufs Verhinderung der gefahrvollen Auskolkung empfehlen, das Fundament des Objektes gewölbeartig, mit dem Scheitel nach aufwärts auszubauen, wobei die beiderseitigen festen Anschlusslehnen als Widerlager zu dienen haben, eine Bauart, die in Frankreich häufig angewendet wird, in Oesterreich bisher in wenigen Fällen zur Ausführung kam.[258]) In den Abbildungen Nr. 81 und 82, dann Nr. 45 und 46, Seite 139 und 140, sind solche Bauten zu

258) „Die Verbauungsarbeiten der Tiroler Gewässerregulierung in Lenobache," von Philipp Krapf. Zeitschrift d. österr. Ingenieur- und Architektenvereines, Nr. 52, 1892. In diesem Artikel wird auf die Thalsperre von Terragnolo verwiesen.

sehen. Das Gewölbe hat, wie dies Kuss[36] beschreibt, zumeist eine Sehne von 4 m, eine Pfeilhöhe von 1 m und den Radius von 2.5 m. Die Gewölbeöffnung, deren Lager- und Stoßfugen vortheilhaft keilförmig auszugestalten sind und deren innere Leibung als Theil der Mantelfläche eines geraden Kegels zu behandeln ist, bietet der Verlandung keinerlei Hindernisse und es genügt, sie entweder trocken auszumauern oder mit Holz zu verlegen. Bei hohen Sperren empfiehlt es sich nicht, die Oeffnung offen zu halten, denn die Gewalt



Abbildung Nr. 82. Thalsperre im Wildbache „Boscodon“; französische Hochalpen.

der ausströmenden Wässer könnte bedenklich werden. Der Ersparung an Baukosten durch geringere Mauerung und leichtere Wasserableitung, sowie dem Entfalle jeder weiteren Vorfeldversicherung steht die schwierigere Herstellung des Fundamentes in Bogenform gegenüber.

Die Bauten zum Schutze des Vorfeldes können ähnlich wie der Körper der Sperre hergestellt werden und bezwecken entweder den unmittelbaren Schutz durch Bettungen oder die Erzielung einer andauernden Verlandung des Vorfeldes durch sekundäre Vorbauten oder beides zugleich, Figg. 67, 68 und 69.

Aber nicht allein die bestmöglichste Versicherung des Vorfeldes ist geboten, sondern auch die Versicherung der beiderseitigen Böschungen an der Berg- und Thalseite des Objektes,

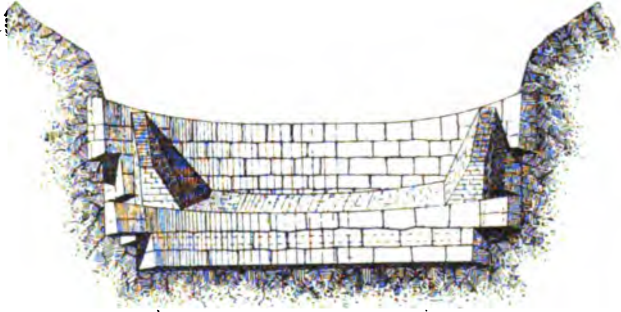


Fig. 67.

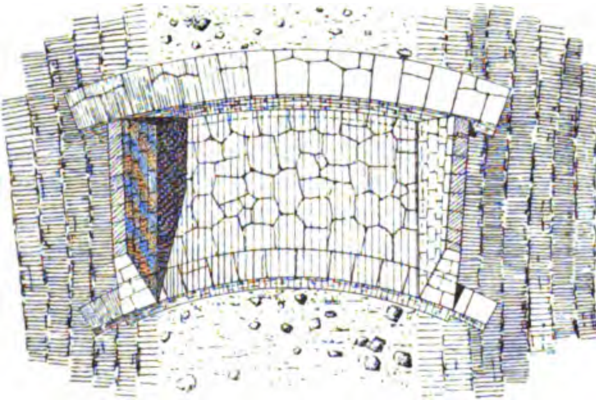


Fig. 68.

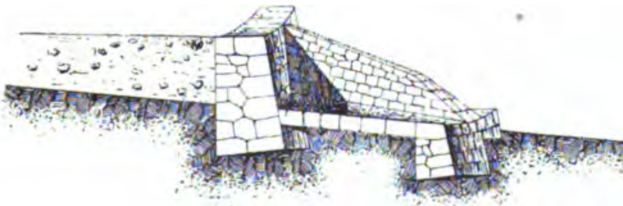


Fig. 69.

wenn dieselben corrodierbar sein sollen. Namentlich die thalseitigen Böschungen müssen, wie das den Figg. 67, 68 und 69 zu entnehmen ist, im Zusammenhange mit der Vorfeldversicherung ver-

stärkt werden. Die Sicherung der bergseitigen Böschungen kann bei genügendem Heben der Sperrflügel oder bei genügend großer Abflusssektion eher unterbleiben, als jene der thalseitigen, denn an diesen kann im Falle des Herabstürzens von Material über die Sperre und plötzlichen Liegenbleibens desselben auf dem Vorfelde, selbst dann ein sehr bedenklicher Wasserstau eintreten, wenn Größe und Form der Abflusssektion, Breite und Form der Vorfeldversicherung eine Gefährdung unter normalen Abflussverhältnissen ausschließen sollten.

Im übrigen kommt noch zu bemerken, dass die bergseitige Stirnwand durch einen rohen Steinwurf insolange zu schützen ist. insolange die Verlandung nicht vollzogen erscheint.

Das Ausmaß der Thalsperren.

Die Thalsperren sind zeitweise mehr dem hydrostatischen, zeitweise mehr dem Erddrucke ausgesetzt.

Höhere Stauwerke werden im Verlaufe der Verlandung, die sich bei ihnen in der Regel nur langsam vollziehen soll, zunächst mehr dem hydrostatischen als dem Erddrucke ausgesetzt sein.

Bei kleineren Konsolidierungswerken, deren Verlandung sich schnell vollziehen soll, ist es umgekehrt der Fall. Wann und in welchem Maße sich eine dieser beiden Inanspruchnahmen gegenüber der anderen mehr geltend macht, ist nicht leicht zu beurteilen. Beim Erddrucke sind bekanntlich wieder zwei Fälle zu unterscheiden, je nachdem der Druck des Materiales, welches ohne Stütze sicherlich in sofortige Bewegung gerathen würde, oder der Druck des gewachsenen Materiales in Betracht zu ziehen ist. Im ersten Falle wirkt die Sperre als Stützmauer, im zweiten Falle als Futtermauer.

Der Verlandungskörper einer Thalsperre, welcher sich langsam entwickelt hat und wobei dafür Sorge getragen wurde, dass das überschüssige Wasser aus demselben durch die Sperre entweichen kann, wird mehr den Charakter eines gewachsenen als den eines aufgehaltenen Materiales besitzen, was schon aus der Thatsache erhellt, dass im Falle des Zusammenbruches einer Thalsperre, die ordnungsgemäß hergestellt war und gewirkt hat, der Verlandungskörper in der Regel nicht sofort, sondern vielmehr erst nach und nach durch die Wässer abgeführt wird.

Würde der Berechnung der nötigen Objektsstärke der hydrostatische Druck zu Grunde gelegt werden, so würde dies, da diese

Inanspruchnahme, gleiche Verhältnisse voraussetzt, unter allen Umständen größer als der Erddruck ist, für eine gewisse Sicherheit bürgen. Die Form des Profiles hätte sich allerdings mehr jener der Futter- oder Stützmauern anzuschließen. Aus diesen nicht leicht abwägbaren Verhältnissen ist es von vornherein sehr schwer, strenge rechnungsgemäß Stärke und Form des Profiles für einzelne Fälle zu bestimmen und ist man weit mehr gezwungen, die Erfahrung zur Lehrmeisterin zu nehmen.

Von diesem Standpunkte aus wurden auch schon im vorhergehenden Kapitel die Formen des Querprofiles erörtert.

Was dessen Ausmaß anbelangt, so ist es selbstverständlich, dass das letztere den allgemeinen Stabilitätsbedingungen zu entsprechen hat, d. h. dass das Umkippen und das Gleiten ausgeschlossen sein sollen, dass Zugspannungen nicht eintreten dürfen und dass die Maximalpressung das zulässige Maß nicht überschreiten darf. Die Stabilität bei Bogenform ist nach den Grundsätzen der Gewölbetheorie zu beurtheilen.

Auf die bezüglichen baumechanischen Regeln hier einzugehen, würde den Rahmen dieses Buches weit überschreiten heißen. Uebrigens sei diesbezüglich auf die leicht fasslichen, einschlägigen Ausführungen Thiérys[29]) verwiesen.

Es ist hervorzuheben, dass die Inanspruchnahme einer Sperre nicht allein durch Druck und Stoß auf der bergseitigen Stirnwand erfolgt, sondern dass auch Reibung und Stoß empfindlich auf die Krone, auf die thalseitige Stirnwand und auf das Sturzbett einwirken. Weiters muss mit dem Eintreten heftiger Elementarereignisse, daher auch mit erhöhter Inanspruchnahme des Sperrkörpers gerechnet werden.

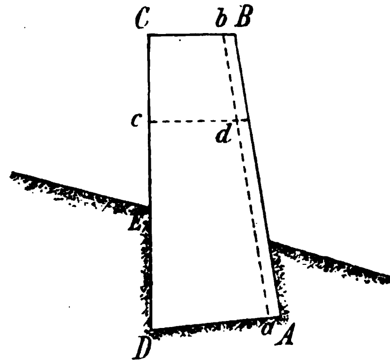


Fig. 70.

Nicht außer acht ist der Umstand zu lassen, dass es sich mitunter als zweckmäßig oder sogar als notwendig herausstellen kann, den Sperrkörper nachträglich zu erhöhen, um eine größere Verlandung oder eine sonst erwünschte Wirkung zu erzielen.

Aus allen diesen Gründen ist es geboten, den Thalsperren eine größere Stärke zu geben, als die allenfalls theoretisch be-

rechnete und namentlich auch eine entsprechende Verstärkung der Objektskrone in Rechnung zu ziehen, unbekümmert um die Thatsache, dass theoretisch Erddruck und Wasserdruck an der Krone sonst nicht in Betracht zu ziehen wären.

Nach Demontzey[14]) empfiehlt es sich, das trapezförmige Querprofil, Fig. 70, derart zu bemessen, dass für den Fall der Trockenmauerung die Kronenstärke CB gleich der halben Objektshöhe CE, über der Sohle an der Bergseite gemessen, angenommen wird. Im Falle der Mörtelmauerung ist diese halbe Objektshöhe, wieder bergseitig an der Sohle gemeint, gleich der mittleren Objektsstärke cd, zu setzen.

Dieses Ausmaß überschreitet das theoretisch ermittelte und bietet in der Regel hinreichende Sicherheit.

Ueber die Theorie des Thalsperrenbaues geben die in den Fußnoten[259—266]) angegebenen Abhandlungen reichlichen Aufschluss. Allerdings handelt es sich da mehr um die Herstellung eigentlicher Stauweiher, welche der Zurückhaltung des Wassers dienen: immerhin lässt sich aus den Ausführungen derselben mancher im Gegenstande anwendbare Schluss ziehen.

Insoweit es sich um Thalsperren als eigentliche Materialfänge handelt, sind außer der bereis angeführten Arbeit Thiérys[29]) noch die Publikationen von Kovatsch[24]) und von Piccioli[262]) hervorzuheben. Die erstere beschäftigt sich im Gegenstande vorwiegend mit der Stabilität der Steinkastenbauten und dem Widerstande der Vorfeldversicherungen, die letztere mit der Betrachtung über das wünschenswerte Querprofil und dessen Ausmaß bei vorwiegend gemauerten Thalsperren, worauf noch zurückgekommen wird.

259) „Theoretisch-praktische Abhandlungen aus dem Gebiete der Wasser- und Straßenbaukunde" von Wenzel Schaffer, Wien 1867.

260) „Etude sur les Murs de Réservoirs"; von J. B. Krantz, Paris 1870.

261) „Murs de Soutènement et Ponts et Viaducs en Maçonnerie"; von J. Dubosque, Paris.

262) „Sui Rimboschimenti esequiti in Francia"; von F. Piccioli, Florenz 1887.

263) „Etude théorique et pratique sur les Barrages-Réservoirs"; von A. Dumas, Paris 1896.

264) „Ueber Wahl der Stärke von Thalsperrenmauern"; von Anton Rytiř. Oesterreichische Monatsschrift für den öffentlichen Baudienst. Heft 6, 1896.

265) „Der Thalsperrenbau nebst einer Beschreibung ausgeführter Thalsperren"; von P. Ziegler, Berlin 1900.

266) „Beitrag zur Dimensionierung der Thalsperrenmauern"; von G. Ramisch. Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines. Nr. 14. 1902.

Thiéry stellt für Objekte mit trapezförmigem Querschnitte u. zw. zunächst für geradlinige Sperren, die dem Wasserdruck ausgesetzt sind, die Formel auf:

$$3)\quad \frac{x}{h} = \frac{-3\,Nn + 2\sqrt{N\left\{3\,N\left(n^2 + \frac{\gamma}{d}\right) - h\,(dn^2 + 4\,\gamma)\right\}}}{2\,(3\,N - 4\,dh)}$$

Es bedeuten:
x die mittlere Sperrstärke,
h die Sperrhöhe,
N der permanente Widerstandscoefficient der Pressung, für Mauerwerke 7—10 kg per 1 cm^2,
n das Böschungsverhältnis der thalseitigen Stirnwand,
γ das spez. Gewicht der Flüssigkeit,
d das spez. Gewicht des Baumateriales.

Die Gewichte eines Kubikmeters Stein, welchen man bei den Bauten in den Wildbächen verwendet, können von 1300 kg für vulkanischen Tuff, bis 2700 kg für Granit und Gneiß schwanken. Wird die mittlere Ziffer von 1800 kg als Gewicht eines m^3 Mörtel angenommen und, was im allgemeinen der Wirklichkeit entspricht, vorausgesetzt, dass derselbe ein Drittel des Bauwerkes bildet, so kann das Gewicht d eines m^3 Mörtelmauerung zwischen

$$\tfrac{2}{3}\,1300 + \tfrac{1}{3}\,1800 = 1470 \text{ kg bis}$$
$$\tfrac{2}{3}\,2700 + \tfrac{1}{3}\,1800 = 2400 \text{ kg}$$

schwanken. Das Gewicht eines Kubikmeters Flüssigkeit, die hinter der Sperren drückt, ist zwischen 1000 kg und 1800 kg veränderlich.

Thiéry hat für die Bestimmung der Sperrstärke nach obiger Formel Tafeln aufgestellt, welchen das Verhältnis $\frac{x}{h}$ entnommen werden kann.

Ueber die Kronenstärke, welche einer im vorstehenden gemeinten Sperre zu geben ist, gibt Thiéry in folgender Weise Aufschluss:

Wenn die Sperre verlandet ist, so bleibt die Krone der Einwirkung der Hochwässer ausgesetzt, denn der obere Teil der Verlandung wird in der Regel unter dem Einflusse hoher Wasserstände abgetragen. Es scheint also nötig, der Krone eine hinreichende Stärke zu geben, damit sie dem Fortreißen widerstehen könne.

Werden diese Stärke, Fig. 71, mit x, mit z die Höhe des den Hochwässern direkt ausgesetzten Kronenteiles und mit t die Höhe der Wasserschichte über der Krone im Momente des Hochwassers bezeichnet, so kann ohne merklichen Fehler der von einer Flüssigkeit vom spezifischen Gewicht γ auf 1 m Kronenlänge ausgeübte Druck mit $\gamma t z$ ausgedrückt werden, wobei angenommen wird, dass z im Vergleiche zu t sehr klein ist und daher $\frac{z}{2}$ in dem Schwerpunktsabstande $t + \frac{z}{2}$ vom drückenden Wasserspiegel vernachlässigt werden kann.

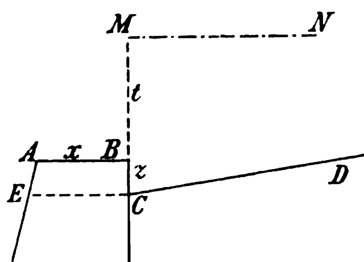


Fig. 71.

Bezeichnet f den Reibungscoefficienten und d das spezifische Gewicht der Mauerung, so ist der Widerstand gegen das Fortreißen mit $f\,d\,z\,x$ auszudrücken und es muss daher für den Fall der Stabilität

$$f\,d\,z\,x > \gamma\,t\,z$$

und daraus

$$x > \frac{\gamma\,t}{f\,d} \qquad 4)$$

sein.

Um den kleinsten Wert für x zu finden, wird für γ der kleinste Wert von 1000 kg, für d der größte Wert von ca. 2400 kg, und für t die bei dem stärksten Hochwasser bekannte Wasserhöhe, über der Krone ohne Materialführung gedacht, angenommen. Wird dann t mit 2 m, f mit 1 angenommen, so resultiert als die der Krone zu gebende geringste Stärke $\frac{2}{2 \cdot 4}$ = ungefähr 0.80 m.

Für die Berechnung einer krummlinigen Sperre mit trapezförmigem Querschnitte und bei Annahme, es sei jeder in einer horizontalen Ebene geführte Schnitt durch zwei konzentrische Kreise begrenzt, leitet Thiéry für die Inanspruchnahme durch den Wasserdruck unter Hinweis auf einschlägige Arbeiten von M. Delocre und von M. Pelletreau (Annales des Ponts et Chaussées, IX. Jahrgang, Nr. 17) die Gleichung ab:

$$5) \qquad x = \frac{2 \cdot \gamma \cdot R \cdot y}{N},$$

worin x die Sperrstärke unter jeder angenommenen Höhe y des Objektes, γ das spez. Gewicht der drückenden Flüssigkeit, R den Radius der bergseitigen Sperrwand und N den permanenten Widerstandscoefficienten der Pressung bedeuten.

Für die Höhe $y = o$, wird $x = o$, d. h. es würde theoretisch das Dreiecksprofil ABD, Fig. 72, wie es in Spanien in Anwendung stehen soll[230]), genügen, doch ist dasselbe unter Berücksichtigung der vorbeschriebenen Inanspruchnahme der Krone praktisch nicht zulässig, woraus sich die Profilform $ABCED$ nach Fig. 72, mit Ecken oder abgerundet, ergibt.

Was den günstigsten Wert des Radius R der Krümmung anbelangt, so ergibt es sich, dass bei einem Centriwinkel von 120° das Objekt bei kleinstem Volumen gleichen Widerstand besitzt. Dieser Wert für R ist bei stufenförmiger Ausformung der Sperre in den Flügeln für den untersten Ring anzunehmen, denn dieser hat seiner Stärke nach der theoretischen Anforderung am besten zu entsprechen Alle anderen Ringe sind stärker gehalten, als es die Theorie verlangt. Diesem Winkelwert von 120° entspricht im Vergleiche zu kleineren Werten ein kleiner Radius.

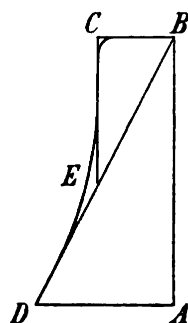


Fig. 72.

Nach Demontzey soll derselbe bei der Annahme, dass die Pfeilhöhe $^1/_{10}$ der Sehne beträgt, den Wert von 45° 16′ erhalten. Nach Forstmeister M. Vaultrin, „Revue des eaux et forêts“, 1884, kann derselbe auf 50°, nach Marchand[105]) auf 60° steigen, in welch' letzterem Falle die Sehne gleich dem Radius wird.

Es scheint, sagt Thiéry, dass man den Wert von R aus Furcht vor dem Drucke der Seitenlehnen zu hoch hält und meint, dass krummlinige Sperren überhaupt nur dort am Platze wären, wo felsige Anschlusslehnen vorhanden sind, so dass dann der Radius bei Vergrößerung des Centriwinkels auch kleiner gehalten werden kann.

Was die Wahl zwischen gerad- und krummlinigen Sperren betrifft, so kann für dieselbe, wenn nicht andere, schon vorbesprochene Momente die eine oder die andere Bauart bedingen, auch die Bauökonomie bei Wahrung der Widerstandskraft maßgebend sein und es gibt hierüber der Vergleich der Volumina der Objekte, ermittelt auf Grundlage der Formeln, Nr. 3 u. 5, Aufschluss.

Was die Inanspruchnahme durch den Erddruck anbelangt, und zwar für geradlinige Sperren mit trapezförmigem Querschnitte, so stellt Thiéry die folgende Formel auf:

$$6)\quad \frac{x}{h} = \frac{-3\,Nn + 2\sqrt{N\left\{3\,N\left(n^2 + \frac{d_1 c}{d}\right) - h\,(dn^2 + 4\,d_1 c)\right\}}}{2\,(3\,N - 4\,dh)}$$

Diese Formel weicht von der, Nr. 3, für den Wasserdruck erhaltenen nur dadurch ab, dass die Größe γ durch die Funktion $d_1\,c$ ersetzt ist, in welcher Funktion d_1 das Gewicht des drückenden Erdreiches und c den Maximalwert der Funktion

$$\frac{\cos\alpha\,\sin x\,\operatorname{tang}\,(\Theta - x)}{\cos\,(\alpha + x)}$$

bedeuten.

In der letzteren Formel sind:

$\Theta = 90 - \varphi$, wobei φ den natürlichen Böschungswinkel des Erdreiches bezeichnet,

α der Winkel, unter welchem sich die gestützte Erdmasse an der Objektskrone abböscht, welcher sonach dem Werte des Ausgleichsprofiles entsprechen soll,

x der Winkel, welchen die Bruchebene mit der senkrecht gedachten bergseitigen Stirnwand bildet.

Um der Berechnung den jeweiligen Maximaldruck zu Grunde zu legen, ist das Maximum c der obigen Funktion in Rechnung zu ziehen und es bringt zu diesem Zwecke Thiéry graphische Tafeln, aus welchen die dem Maximaldrucke entsprechenden Werte von c und von x zu entnehmen sind.

Wird angenommen, dass der Winkel φ zwischen 30° und 60° schwanken kann und dass das Ausgleichsprofil der Verlandung der Sperre niemals 50 Proc. überschreitet, so wird die Größe für c nach den Tafeln Thiérys zwischen 0.07117 und 0.5359 schwanken.

Thiéry kommt endlich zu folgender Zusammenstellung:

Tafel Nr. 1.

Bezeichnung der Erdarten	Natürlicher Böschungswinkel	tang. α.	Wert der Größe c	Mittleres Gewicht eines m^3 Erde	Wert der Funktion $d_1\ c$
Feiner trockener Sand	31°	0.15	0.351	1415	497
Sehr feiner Flusssand	33°		0.321	1820	584
Sehr trockene Erde	39°		0.245	1250	306
Leichtester Sand	39°		0.245	1250	306
Trockene Erde	46° 50°		0.166	1450	241
Etwas befeuchtete Erde	54°		0.111	1600	178
Dichter und sehr kompakter Boden	55°		0.104	1900	198
Haufen großer eckiger Blöcke	60°		0.075	2150	161

Diese Tafel zeigt, dass die Funktion $d_1\ c$ unter 1000 liegt, welche Ziffer den kleinsten, dem γ, d. i. dem spezifischen Gewichte des reinen Wassers zukommenden Wert darstellt. Hiemit ist auch die Thatsache, dass der Erddruck immer kleiner als der Wasserdruck ist, erwiesen.

Unter der auch der Formel Nr. 6 zu Grunde liegenden Annahme, dass der Erddruck wie der Wasserdruck normal zur gedrückten Wand wirkt, was allerdings nicht vollkommen zutrifft, wird es genügen, in der Formel Nr. 5 γ mit $d_1\ c$ zu vertauschen, so dass man für krummlinige, dem Erddrucke ausgesetzte Sperren erhält:

7) $$x = \frac{2 \cdot d_1\ c \cdot R \cdot y}{N}.$$

Für die Länge des Vorfeldes, einschließlich Anlauf der thalseitigen Stirnwand, stellt Piccioli[261]) unter Zugrundelegung der Gleichung für die Falllinie eines Körpers über die Sperre,

$$x^2 = 2\frac{v^2}{g} \cdot h,$$

den dem Wesen nach mit Formel Nr. 2 übereinstimmenden Ausdruck auf:

8) $$x = v\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Wird $x = nh$, so folgt

$$n = v\sqrt{\frac{2}{gh}}$$

wie in Formel 2. Es bedeuten h die Sperrhöhe, v die mittlere Geschwindigkeit des an der Sperrkrone ankommenden Wassers und g die Beschleunigung der Schwere.

Wird zur Sperrhöhe h noch die Höhe h_1 der Ueberströmung der Krone zugerechnet, so ergibt sich für x der Wert:

9) $$x = v\sqrt{\frac{2(h+h_1)}{g}}.$$

Wird hievon die Größe des Anlaufes nh abgezogen, so ist für die Vorfeldlänge l zu setzen:

10) $$l = v\sqrt{\frac{2}{g}(h+h_1)} - nh.$$

Für die praktischen Fälle muss jedoch die Länge des Vorfeldes größer gehalten werden, weil Wasser und Geschiebe am Punkte des Anpralles nicht ihre ganze Kraft und Geschwindigkeit einbüßen. Thatsächlich wird es angemessen sein, die Länge des Vorfeldes gleich der $1\frac{1}{2}$-, ja selbst der 2 fachen Fallhöhe gleichzuhalten.

Martin Kovatsch[24]) stellt für die Inanspruchnahme des Vorfeldes einer Sperre bestimmte Ausdrücke auf, wobei er zu dem einleuchtenden Schlusse kommt, dass mit der Zunahme der Neigung der Vorfeldversicherung deren Inanspruchnahme abnimmt. Es ist aber außerordentlich schwer, die Größe der thatsächlichen Inanspruchnahme nur halbwegs richtig zu bestimmen und es haben diesbezügliche theoretische Auseinandersetzungen nur zweifelhaften praktischen Wert.

Ueber die Art und Weise der Dimensionierung von Thalsperren gibt auch Karl Valentini[267,268]) eingehende Auskunft. Der Verfasser stellt sich zur Aufgabe eine Sperrtype zu bestimmen, welche außer der sonst erforderlichen Festigkeit auch die Eigenschaft haben soll, dass sie durch die von der Strömung geführten Gerölle möglichst wenig beschädigt werde.

267) „Forma delle briglie"; von Carlo Valentini. Sonderabdruck aus der Zeitschrift „Il Politecnico", Jahrgang 1892.

268) „Sulla sistemazione dei torrenti"; Nota di Carlo Valentini. Roma 1893.

Theoretisch ist, wie das schon an anderer Stelle bemerkt wurde, als genügendes Profil ein rechtwinkeliges Dreieck anzusehen, dessen bergseitig gekehrte Seite vertikal und dessen thalseitig gekehrte Seite unter einem Anlauf im Verhältnisse von 2:3 geneigt ist. Aber in der Praxis kann der Sperre ein solches Profil nicht gegeben werden, vielmehr muss entweder zum trapezförmigen Profil gegriffen, oder es muss das theoretische Profil nach Fig. 72 abgeändert werden.

Valentini findet als das geeignetste Sperrprofil jenes nach Fig. 73, das erhalten wird, wenn sich an das rechtwinkelige Dreieck *ABC*, welches die bergseitige Stirnwand vertikal und die Basis gleich $^2/_3$ der Höhe hat, das andere ähnliche Dreieck *CDF* anlehnt, bei welchem die Seite *CD* hinreichend stark sein muss, um die Festigkeit der Krone zu sichern und um zu verhindern, dass der thalseitige Anlauf von dem über die Sperre herabfallenden Material beschädigt werde.

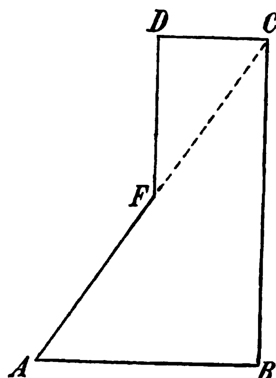


Fig. 73.

Die Tafel Nr. 2 gibt für jede gewählte Sperrhöhe die übrigen Dimensionen des geradlinigen Objektes mit trapezförmigem oder mit fünfseitigem Profil nach Fig. 73 an; die Tafel Nr. 3 enthält diese Dimensionen für krummlinige Sperren. Unter allen Umständen muss aber vor-

Tafel Nr. 2.

Höchste Sperrhöhe *h* in m	Höchster zulässiger thalseitiger Anlauf	Stärke der Basis		Obere Stärke des Profils	
		fünfseitig. Profil	trapezf. Profil	fünfseitig. Profil	trapezf. Profil
4.50	0.25 *h*	0.67 *h*	0.60 *h*	0.42 *h*	0.35 *h*
7.00	0.20 *h*	0.67 *h*	0.61 *h*	0.47 *h*	0.41 *h*
12.00	0.25 *h*	0.67 *h*	0.61 *h*	0.52 *h*	0.46 *h*
28.00	0.10 *h*	0.67 *h*	0.63 *h*	0.57 *h*	0.53 *h*
über 28.00	0.05 *h*	0.67 *h*	0.65 *h*	0.62 *h*	0.60 *h*

her die von Valentini abgeleitete Bedingungsgleichung für die Kronenstärke a der in Mörtel gemauerten Sperre $a > 0.44\,h_1$, wenn h_1 die Höhe der Wasserschichte auf der Krone bedeutet, untersucht werden. Für den Fall der Trockenmauerung muss $a > 0.58\,h_1$ sein. Diese Bedingungsgleichungen stimmen mit jener Nr. 4 dann überein, wenn die spezifischen Gewichte γ und d mit 1000, bzw. mit 2250 und die Reibungskoeffizienten mit 1 bzw. mit 0,76 angenommen werden.

Würden die aus den Tafeln zu entnehmenden Stärken kleiner sein, als die sich aus der Bedingungsgleichung ergebenden, so müssten sie erhöht werden.

Tafel Nr. 3.

Höchste Sperrhöhe h in m	Höchster zulässiger thalseitiger Anlauf	Stärke der Sperren	
		An der Krone	An der Basis
4.50	0.25 h	0.08 h	0.33 h
7.00	0.20 h	0.13 h	0.33 h
12.00	0.15 h	0.18 h	0.33 h
28.00	0.10 h	0.23 h	0.33 h
über 28.00	0.05 h	0.28 h	0.33 h

Wo der Transport des Kalkes und Sandes einen erheblichen Aufwand erfordert, ist man nach Valentini gezwungen, die Sperre in Trockenmauerwerk oder doch nur in gemischtem Mauerwerk zu erbauen. Da in den durchgeführten Berechnungen das Objekt in Mörtel, sonach als eine homogene Masse gedacht ist, muss bei den Sperren in Trockenmauerwerk oder in gemischtem Mauerwerk die Stärke an der Basis, welche in den Tafeln 2 und 3 angegeben ist, um 20 Proz. bezw. 10 Proz. erhöht und die Stärke der Krone nach dem höchst zulässigen Anlauf bestimmt werden.

Die Ausführung der Thalsperren.

Es sollen zunächst die gemauerten und sodann die Holzsperren der Besprechung unterzogen werden.

Die Thalsperren können entweder ohne Zuhilfenahme eines

Verbindungsmittels, also trocken, oder aber in hydraulischem Mörtel gemauert werden.

Eine besondere Art ist die sg. gemischte Mauerung, „maçonnerie mixte", bei welcher der größte Teil des Körpers trocken und nur die Krone und die thalseitige Stirnwand in Mörtel gemauert sind. Die Anschauungen über die Vor- und Nachteile der einen oder andern Mauerung gehen auseinander.

Während in Österreich und in der Schweiz die Thalsperren vielfach in Trockenmauerung bei Verwendung von lagerhaft behauenen Steinen erbaut werden, kommt in Frankreich zumeist Mörtelmauerung oder doch gemischte Mauerung bei Aussparung von großen oft vergitterten Durchlässen, Dohlen, zur Anwendung.

Nach Demontzey[14]) soll die Trockenmauerung nur in jenen Fällen zur Anwendung kommen, in welchen die Ersparungsrücksichten alle anderen überwiegen, oder in Fällen, wo der Transport von Kalk und Sand zur Baustelle, wie das bei Wildbächen nicht selten vorkommt, mit großen Schwierigkeiten verbunden ist. Da aber seiner Meinung nach ganz in Mörtel ausgeführte Sperren, obwohl sehr dauerhaft und widerstandsfähig, doch bedeutend hoch kommen, empfiehlt Demontzey die gemischte Mauerung.

Demselben Autor nach kann die Trockenmauerung bei Thalsperren mit bergseitigem Anlauf eher in Anwendung kommen, weil hier die Gefahr des Umsturzes weniger in Betracht kommt, als ein Auseinanderweichen der unter sich zusammenhängenden Materialien. Der bergseitige Anlauf wird an und für sich eine bessere, sichere Bettung der Steine gestatten, so dass sich der Stoß bergseits nicht leicht bis zur thalseitigen Stirnwand fortzusetzen vermag. Die thalseits senkrechte Stirnwand eignet sich auch für Trockenmauerung besser, weil die Gefahr des Umsturzes als Ganzes eine geringere ist im Vergleiche zur Ausführung in Mörtelmauerung. Bei den gewölbten Thalsperren kann nach Demontzey die Trocken- oder die gemischte Mauerung in Anwendung kommen; die reine Mörtelmauerung hat hier keine Berechtigung.

Der gemischten Mauerung nach wird die thalseitige Stirnwand in einer Stärke von etwa 0.8 m mittelst Mörtelmauerung ausgeführt. In gleicher Weise erfolgt die Mauerung der Krone. Das ganze Objekt erhält im unteren Teile einen Durchlass, eine „Dohle", welche ebenfalls in Mörtel zu legen ist. Alle übrigen Sperrteile sind trocken gemauert. Die Figuren 74, 75 und 76 zeigen den Typus einer französischen Thalsperre in gemischter Mauerung mit Dohle.

Zu dieser Bauausführung bemerkt Demontzey, dass selbe mehr Gewähr für die Widerstandskraft und Dauerhaftigkeit bietet, da die Sperre eine durchaus homogene, vollkommen verbundene Masse

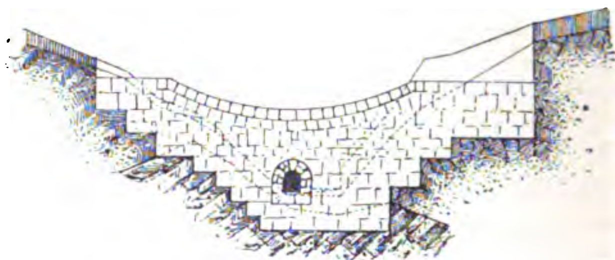


Fig. 74.

bildet, während bei Trockenmauerung das Loslösen eines Steines den Bestand des Objektes schon in Frage stellt. Er betont ferner,

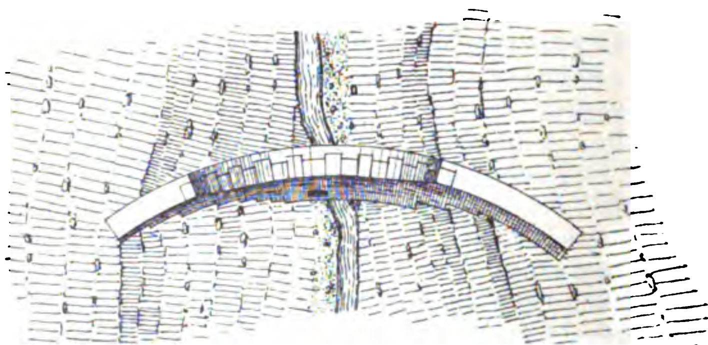


Fig. 75.

dass diese Mauerung insoferne eine Kostenersparung einschließt, als es nicht notwendig erscheint, die Steine der Krone und der thalseitigen Stirnwand vier- oder fünfseitig und sorgfältig zu behauen. Der größte Vorteil soll aber in dem am besten ermöglichten Wasserabfluss durch die Dohle liegen.

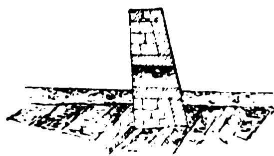


Fig. 76.

In den französischen Departements der Hoch- und Niederalpen, woselbst die Verbauungsaktion großen Umfang angenommen hat, tritt vielfach die mehrgenannte „terre noire“ auf und es erscheinen

die dieselben durchziehenden Wildbäche vorherrschend schlammführend. Nach Demontzeys Ansicht werden bei solchen Wildbächen die Ritzen und Spalten der Trockenmauerung allerdings anfänglich wie ein Sieb wasserdurchlassend wirken. Bei Eintritt eines heftigen Murganges aber werden diese Oeffnungen sofort verstopft und die Folge hievon wird eine Verlandung sein, bestehend aus einer schlammigen, sehr feuchten Masse, die sich schwer oder gar nicht zu einem festen Konglomerate verbinden kann.

Anders ist dies bei jenen Sperren, die aus gemischter Mauerung hergestellt und mit einer Dohle versehen sind. Bei solchen Sperren ist der ungehinderte Durchfluss der schlammigen Massen leicht zu erzielen. Die Dohle kann bergseits ein Holzgitter erhalten, um die größeren Geschiebsmassen zurückzuhalten, und kann jedesmal im Falle des Verstopfens einfach mittelst einer Stange gereiniget werden.

Auf diese Weise erwartet Demontzey im Falle der gemischten Mauerung die Bildung einer festeren, soliden Verlandungsmasse.

Weiter schreibt er ihr noch folgende Vorteile zu:

Sie verlange geringere Querschnittsdimensionen als die Trockenmauerung, sie biete größere Sicherheit gegen Beschädigungen während des Baues und nach der Vollendung desselben und sie ermögliche, dass man bei der Wahl des Steinmateriales nicht so strenge vorgehen müsse.

In jenem Falle, in welchem beide Anschlusslehnen beweglich sind, oder wenn die Sperre eine beträchtliche Höhe erhält, soll nach Demontzey die reine Mörtelmauerung in Anwendung kommen.

Seiner Anschauung nach ist also die Trockenmauerung nur dann anzuwenden, wenn der Transport von Kalk und Sand zu beschwerlich fallen sollte.

Die gemischte Mauerung empfehle sich sonst überall, die volle Mörtelmauerung dagegen nur in besonderen Ausnahmsfällen.

Seckendorff [12]) vertritt die Ansichten Demontzeys, während Duile [6]) die Ausführung der Sperren in Mörtelmauerung, Müller [157]) dagegen in Trockenmauerung empfehlen. Thiéry [29]) behauptet, die Trockenmauerung sei nur in den oberen Bachpartien, wohin der Transport von Kalk und Sand bedeutende Kosten nach sich ziehen würde, anzuwenden und dort, wo Murgänge zu erwarten, wegen des leichten Fortführens der Steine vollständig zu vermeiden.

Die gemischte Mauerung ist nach Thiéry allgemein zu

empfehlen, da alle Teile der Mauer, die mit den mitgerissenen Blöcken in Berührung kommen, mit hydraulischem Mörtel hergestellt werden. Würde die Widerstandsfähigkeit gegen das Zerdrücken in Betracht gezogen, so ergäbe sich, dass eine geradlinige, aus gemischter Mauerung bestehende Sperre fast ebenso fest ist, wie eine in voller Mörtelmauerung hergestellte; sie wäre es aber nicht in Bezug auf den Widerstand gegen das Gleiten, denn das Gewicht des ganzen Werkes wäre vermindert und andererseits müsste man berücksichtigen, dass der Reibungskoeffizient bei einer gemischten Sperre höchstens mit 0.76, bei voller Mauerung aber gleich der Einheit angenommen werden kann.

Was die krummlinige Sperre anbelangt, so wäre diese nach Thiéry bei geringster zulässiger Dimensionierung vorteilhafter in Mörtelmauerung herzustellen, damit ein homogenes Werk, in welchem sich die Drücke so fortpflanzen, wie es die Theorie voraussetzt, geschaffen werde.

Würde eine krummlinige Sperre in gemischter Mauerung herzustellen sein, so müsste sie mit der größten Sorgfalt zusammengesetzt und jedenfalls derart erbaut werden, dass die Fugen genau nach dem Gewölberadius gerichtet wären.

Anfänglich wurde, sagt Thiéry weiter, bei der Verbauung der Wildbäche fast ausschließlich von der Trockenmauerung Gebrauch gemacht. Der Anschein der Wohlfeilheit und die Annahme, es wirke eine derart konstruierte Sperre wie ein Sieb, indem sie den Durchgang des Wassers und des Schlammes begünstige, verleiteten hiezu.

Was die Wohlfeilheit anbelangt, so sei zu berücksichtigen, dass die Trockenmauerung einerseits eine größere Stärke des Objektes verlange, als in den Fällen der gemischten oder vollen Mörtelmauerung, und da andererseits die Notwendigkeit, die Steine auf vier Flächen zu behauen und an der Vorderseite zuzurichten, eine bedeutende Erhöhung des Preises eines Kubikmeters Mauerung nach sich ziehen müsse, könne man bald zu der Einsicht kommen, dass in den meisten Fällen eine Sperre in Trockenmauerwerk bei gleicher Stabilität wenigstens ebenso teuer zu stehen komme, wie eine nach irgend einer der beiden anderen Arten erbaute. Diese Thatsache müsste selbst bei Annahme des Vorhandenseins eines noch so leicht zu bearbeitenden Bausteines, wie z. B. des Sandsteines, zutreffen.

Was aber den Durchgang des Wassers und des Schlammes anbelangt, sei es nach Thiéry außer Zweifel, dass, wenn auch die Mauer anfänglich wie ein Sieb wirkt, schon ein Murgang genügt, um die Fugen zu verschlemmen. So erkläre es sich, dass in nicht seltenen Fällen den ans Trockenmauerwerk hergestellten Sperren nachträglich Dohlen für den Abfluss des flüssigen Schlammes und der erdigen Bestandteile aus der Verlandung gegeben werden mussten, was bei Trockenmauerung im Hinblick auf die erhöhte Einsturzgefahr immerhin bedenklich sei. Hiezu komme noch, dass die Kronensteine bei einem Murgange einen bedeutenden Teil ihres Gewichtes verlieren und da sie außer innigerem Verbande sind, sehr leicht mitgerissen werden können, was mitunter eine nicht unbedeutende Beschädigung des Objektes nach sich ziehen könnte. Der Umstand, dass die volle Mörtelmauerung die Verwendung bloß kleiner Materialien erfordert, deren Herbeischaffung in den Wildbächen zumeist unschwer ist, bedeutet gegenüber der Trockenmauerung einen weiteren Vorteil. Aus allen diesen Gründen ist Thiéry, wie Demontzey der Anschauung, dass die Trockenmauerung nur in den oberen Partien, wohin der Transport von Kalk und Sand bedeutende Kosten nach sich ziehen würde, anzuwenden, dagegen dort, wo Murgänge zu erwarten sind, vollständig zu vermeiden sei. Im Falle ihrer Anwendung müssen die größten zur Verfügung stehenden Materialien benützt werden und es hat der Einbau dieser mit der größten Sorgfalt zu geschehen, um die Lücken in der Mauerung thunlichst zu verringern; ebenso müssen die Lagerflächen sowie die Fugen, namentlich in der Stirnmauer, sorgfältig ausgearbeitet sein.

Anlässlich des internationalen Forstkongresses zu Paris im Jahre 1900 kam die Art der Mauerung der Thalsperren gleichfalls zur Sprache. Kuss[36]) hat hierüber in der bezogenen Abhandlung eingehend berichtet. Er verweist zunächt auf die Vorteile der Verwendung großer Felsblöcke zur Mauerung, wie solche in Frankreich nicht selten in der Größe bis zu 40 m³ Inhalt in Gebrauch kamen. Hinsichtlich der gemischten Mauerung verweist er darauf, dass diese Art der Herstellung ihre Nachteile habe. Infolge des Druckes entstehen in der Trockenmauerung Risse, das Wasser dringe in den Mauerkörper ein und die thalseitige, in Mörtel gemauerte Sperrwand habe eigentlich den ganzen Druck auszuhalten. Es empfehle sich daher, die Trockenmauerung entweder durch Aufführung eines Tonkernes zu ersetzen, oder umgekehrt, die berg-

seitige Stirnwand in Mörtelmauerung, jene an der Thalseite aber in Trockenmauerung auszuführen. Auf jeden Fall sei die gemischte Mauerung dann zu verwerfen, wenn die Sperrhöhe 5 m oder darüber beträgt.

Nach den in Oesterreich gemachten Erfahrungen lässt sich folgendes sagen:

Für die Art der Mauerung ist in erster Linie die Beschaffenheit des vorhandenen Baumateriales maßgebend. Wo großer, schöner Stein vorhanden, kann die Trockenmauerung als Cyklopenmauerung bei kleineren Objekten immerhin Anwendung finden; wo es sich aber um die Herstellung hoher und wichtiger Objekte handelt, ist, obzwar Pestalozzi[181]) mit Recht behauptet, es könne der Mörtelverband die Festigkeit großer Steine nicht ersetzen, der vollen Mörtelmauerung der Vorzug einzuräumen. Wenn der zu verwendende Baustein schwer zu bearbeiten ist, wird sich die Trockenmauerung gegenüber der Cementmauerung, weil bei ersterer ein sorgfältigeres Bearbeiten der Steine nötig fällt, gleich hoch oder selbst höher stellen.

Auch der Nachteil der verhältnismäßig raschen Füllung der trocken gemauerten Sperren kann nicht in Abrede gestellt werden, was umsomehr zu berücksichtigen kommt, als dann die Verlandung zumeist durch Material gebildet wird, welches ungehindert und unschädlich hätte abgeführt werden können, so Schlamm, feines Erdreich u. dergl. m.

Die gemischte Mauerung kann nur unter der Voraussetzung empfohlen werden, dass die bergseitige Stirnwand in Art der vorgemeinten Trockenmauerung und nicht etwa weniger lagerhaft hergestellt werde und Krone und thalseitige Stirnwand der besonders zu erhöhenden Festigkeit wegen in Mörtel gelegt werden. Die Herstellung einer in Mörtel zu legenden Dohle ist in einem solchen Falle unerlässlich. Die Art der gemischten Mauerung nach Kuss kann auf keinen Fall empfohlen werden, denn es würde das ein allzu gefährliches Aussetzen der am meisten in Anspruch genommenen Sperrteile, der Krone und der thalseitigen Stirnwand bedeuten.

Wird der Körper einer Thalsperre ganz in hydraulischen Mörtel oder gemischt ausgemauert, so muss derselbe entweder eine größere Abflussöffnung, Dohle, oder mehrere kleine Abflussöffnungen für das Sickerwasser in ausreichender Anzahl und Verteilung erhalten.

In neuester Zeit werden auch Betonbauten zur Herstellung empfohlen, doch sind die diesbezüglichen Erfahrungen noch nicht reichlich genug, um ein endgiltiges Urteil abgeben zu können.

Unter allen Umständen ist die starke Abnützung durch Reibung und Stoß des groben Geschiebes und des Unholzes an der Objektskrone, wenn mit der Führung dieser zu rechnen ist, zu befürchten. Es dürfte vielleicht zweckmäßig sein, das Fundament, der geringeren Einsturzgefahr im Falle der Auskolkung wegen, und selbst den unteren Teil nicht zu hoher Objekte in Beton auszuführen, die Krone dagegen aus großen lagerhaften Steinen in Mörtelmauerung herzustellen, weil diese dem Stoße des Geschiebes jedenfalls besseren Widerstand leisten werden. Für den Abfluss des Wassers aus dem Verlandungskörper muss, des sonst zu erwartenden Eindringens des Wassers in das Fundament und der damit verbundenen schädlichen Folgen wegen, sowie zur Vermeidung größeren Auftriebes gesorgt sein.

Was die sonstige Herstellung der gemauerten Sperren anbelangt, so sollen die allgemeinen Grundsätze ganz in Kürze hervorgehoben werden. Damit eine Sperre vom Wasser nicht umgangen werde, ist es notwendig, die Flügel tief in die Uferhänge einzubinden, und damit sie der Gefahr der Auskolkung am Fuße widerstehe, muss sich ihr Fundament bis zu einer entsprechenden, etwa durch vorhergehende Sondierungen zu ermittelnden Tiefe erstrecken. Dort wo guter Fels in nicht zu großer Tiefe vorhanden, ist das Objekt auf diesen aufzusetzen. Trifft diese Voraussetzung nicht zu, so wird das Fundament bis zur entsprechenden Tiefe durch Pilotage oder durch Betonierung zu dichten sein.

Das Fundament einer Sperre ist um so sorgfältiger herzustellen, je höher und massiver der Körper der Sperre erbaut werden soll. Ist in der Bachbettsohle und zwar in mäßiger Tiefe fester Boden anzutreffen, so muss dieser bloßgelegt und der Mauerkörper unmittelbar darauf gesetzt werden. Die Oberfläche der Fundamentsohle ist jedoch vorerst horizontal oder in Staffeln oder stromaufwärts etwas geneigt herzurichten. Ist ein felsiger Untergrund nicht vorhanden oder doch erst in bedeutender Tiefe anzutreffen, dann sollen nur Objekte von mäßiger Höhe erbaut werden, oder es müssen die vorberührten Fundierungsarten in Anwendung kommen.

Beim Baue ist auf die Reihenfolge der Arbeiten Rücksicht zu nehmen. Dort wo Gegensperre und Vorpflaster herzu-

stellen sind, werden diese zuerst erbaut, es wäre denn, dass Umstände, so z. B. die Ermöglichung leichter Wasserableitung eine andere Reihenfolge erheischen. Man wird zumeist mit dem Fundamentaushub in der Mitte beginnen und von da gegen die Flügel fortsetzen. Es gilt als Regel, das Fundament nicht über Gebühr offen zu halten, um die stets bei Hochwässern zu erwartende Verschüttung möglichst zu vermeiden. Der vor dem Fundamente u. zw. immer an der Thalseite angehäufte Aushub soll zur Stauung des Wassers nicht Anlass geben und ist für den ungehinderten Abfluss desselben Sorge zu tragen.

Sofort nach Aushub des Fundamentes wird mit der Mauerung begonnen und das Fundament möglichst schnell ausgemauert. Daher ist schon vor Beginn des Aushubes für das Vorhandensein des ganzen nötigen Steinmaterials an der Baustelle Sorge zu tragen. Bei der Mauerung ist in erster Linie zu beachten, dass das schönste, widerstandsfähigste Material zum Baue der meist ausgesetzten Sperrteile. der Krone, der thalseitigen Stirnwand, der Dohle, des Vorfeldes und auch des Fundamentes verwendet werde. Die Steine sollen mit ihrer längsten Dimension nach der Tiefe des Baues liegen, mit ihrer zweitgrößten die Höhe der einzelnen Steinlagen bilden. In jeder Steinlage, Gewölbering, sind thunlichst gleich hohe Steine zu verwenden. Das möglichst rasche selbständige Abschließen einer jeden einzelnen Steinlage ist deshalb ratsam, weil, wenn die Ausführung von einem Murgange überrascht würde — eine Eventualität, die in einem Wildbache sehr leicht möglich ist — nur ein Teil, nicht aber die ganze Arbeit der Zerstörung anheim fallen kann; auch ist dann die unvermeidliche Senkung in den einzelnen Mauerteilen eine gleichmäßige. Auf einen möglichst guten Verband, durch Verwendung möglichst regelmäßiger und lagerhafter Steine, ist hinzuwirken. Die einzelnen Schichten sind stets gut, nach der wünschenswerten Lage der Lagerfugen auszugleichen und es haben möglichst viel Binder durch die Mauertiefe zu laufen, auch ist bei Bruchsteinmauern darauf zu achten, dass die breitere Fläche der Steine nach abwärts zu liegen kommt, damit die Zwischenräume besser ausgefüllt werden können. Unvorteilhaft sind die runden Findlinge, der Bachschotter, weil diese nicht besonders oder gar nicht lagerhaft sind. Bei gewölbten Sperren liegt der Baustein in der Richtung des Radius der Krümmung, seine Lagerung ist vertikal.

Bei Quadermauerwerk, welches selten in Anwendung kommt, werden die Quadern fünfseitig behauen und roh bossiert. Diese Hau-

steine, welche zumeist zur Herstellung der thalseitigen Stirnwand und Krone, dann der Dohle verwendet werden, sollen untereinander im gotischen Verbande stehen. Auch hier ist, wie beim Bruchsteinmauerwerk, ihre Lagerung vertikal und gleichzeitig im Sinne des Radius der Krümmung; die breitere Seite ist gegen den konvexen Mauerteil gekehrt, so dass die Stoßfugen senkrecht auf die gekrümmte Vorderfläche gerichtet sind und die liegende Gewölbeform gut ausgenützt ist.

Die Lagerfugen stehen möglichst normal zum Anlauf, weil durch diese Anordnung die Reibung in den Fugen vermindert wird. Der Nachteil des Eindringens von Wasser in die Mauern bei dieser Lage kann durch entsprechendes Bossieren der Steine behoben werden. Thiéry[29]) nennt solche Thalsperren, Sperren mit geneigten Lagerfugen und schreibt ihre erste Anwendung dem Ingenieur Rohn in Bern zu. Doch gehört die Neigung der Lagerfugen bergwärts zu den allgemeinen Bauregeln solcher Objekte. Die bearbeiteten Stoßfugen sollen eine der Stärke der ganzen Quadermauer entsprechende Länge haben, welche mindestens 0,5—0,6 m zu betragen hat.

Bei Trockenmauerung wird die thalseitige Stirnwand und Krone aus Haustein in der Stärke von 0,8—1,0 m hergestellt, es wäre denn, dass es sich nur um den Bau rustikaler Objekte handelt. Die bergseitige Stirnwand besteht aus gut verzwickten, nicht behauenen Bruchsteinen in möglichst gutem Verbande. Ein Verzwicken des Hausteinmauerwerkes mit kleinen Steinen soll nicht platzgreifen. Haustein- und Bruchsteinschichten werden gleichmäßig in die Höhe geführt und in jeder Schichte gut ausgeglichen.

Bei gemischter Mauerung ist die thalseitige Stirnwand und Krone in Cement in einer Stärke von mindestens 0,8—1,0 m gelegt und können diese Schichten oder wenigstens die Krone zur erhöhten Sicherung auch aus Hausteinen bestehen. Auch hier werden beide Schichten gleichmäßig in die Höhe geführt und ausgeglichen. Stets erhält eine solche Sperre eine Dohle, deren Sohle sanft thalseits geneigt oder horizontal in der Höhe der Vorfeldversicherung oder nur etwas darüberliegend angebracht wird. Oben ist die Dohle, die ganz in Cement und Haustein auszuführen ist, vorteilhaft gewölbartig abgeschlossen.

Um der Krone besondere Festigkeit zu verleihen, können überdies die einzelnen Steine mittelst Eisenklammern verbunden werden. Die Löcher werden in die Quadern eingemeißelt, gereinigt,

befeuchtet und mit Schwefel oder Blei ausgegossen. Auch kann die Krone mit Holz abgedielt und so eine Schussstenne geschaffen werden, in welchem Falle diese dann über die Krone zu dem Zwecke hervorragt, damit das Wasser beim Absturze nicht den Fuß des Objektes trifft.

In Frankreich kommt eine Art Kronenfestigung in Anwendung, die als „armature métallique" bezeichnet wird.[269]) Dieselbe wurde zuerst vom Oberforstmeister Rillecard in Gap bei Verbauung des Wildbaches von Boscodon in Anwendung gebracht und besteht aus einer die Krone umfassenden, eine gebrochene Linie darstellenden Eisenkonstruktion, deren Kanten und Querriegel aus galvanisiertem Stahl, deren Zwischenräume mit Cementmauerwerk ausgefüllt sind.

Als Vorteile dieser Verstärkung werden die Schaffung einer homogenen, sehr widerstandsfähigen Krone und der Umstand hervorgehoben, dass es leichter thunlich ist, die Krone thalseits geneigt zu halten, wodurch ein rascherer Abfluss des Wassers und eine ungehindertere Abfuhr des Geschiebes erzielbar ist. Geschiebe kann dann nicht auf der Krone liegen bleiben und der Bachlauf wird im Interesse des Bestandes des Objektes in einer Richtung erhalten werden können. Rillecard will der Krone in der Abflusssektion durch die Eisenkonstruktion die Form eines Krugschnabels geben, damit die Wässer und das Geschiebe weiter fortgeschleudert werden und so die thalseitige Stirnwand nicht mehr treffen können.

Eine etwas abweichende Art der Mauerung ist bei den Thalsperren nach der Form von Aebi, Fig. 56, Seite 305, empfohlen worden. Die Krone des Objektes besteht aus einer Steinfüllung, deren Oberfläche durch eine sorgfältig ausgeführte 1 m starke Spitzsteinpflasterung gesichert ist. Im Vorfelde muss diese Pflasterung wenigstens so weit fortgesetzt werden, bis anzunehmen ist, dass sich selbst im schlimmsten Falle die Zerstörung des Abflussbodens nicht bis zur Sperre erstrecken könne.

Was die Vorfeldversicherung selbst anbelangt, so kommt bei Steinsperren zumeist die solide Abpflasterung des Vorfeldes in Anwendung. Hiebei ist darauf zu sehen, dass die Steine, die vorteilhaft in Cement zu legen sind, auf die „hohe Kante" ge-

269) Bericht des Forstinspektions-Commissärs Rudolf Fischer über die im August 1901 unternommene Studienreise nach Frankreich. (Manuskript).

setzt, mit ihrer kürzesten Seite nach der Querrichtung des Bachlaufes gelegt werden und dass die Vorfeldversicherung genügend weit nach abwärts reiche. Je weiter die Pflasterung gegen die Krone heraufgezogen wird, desto mehr wird die Fallhöhe verringert und desto mehr der Beschädigung des Vorfeldes

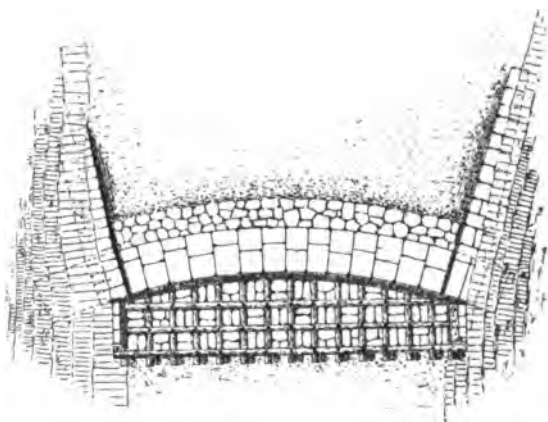


Fig. 77.

vorgebeugt. Die Vorfeldversicherung in Art eines Holzrostes mit Steinpflaster ist den Figuren 77 und 78, welche gleichzeitig die Art der Ausführung von Thalsperren in der Schweiz zeigen, zu entnehmen.



Fig. 78.

Die Breite des Sturzbettes muss groß genug sein, um dem Wasser zu gestatten sich im Querprofile, ohne die Uferhänge anzugreifen, ausbreiten zu können. Auch muss die Stärke desselben ausreichend sein, damit der Bau dem Stoße der über der Krone herabfallenden Steine widerstehen könne. Die Mächtigkeit der Steinlage soll zumindest 0,8—1 m betragen.

Außerdem soll das Längenprofil des Sturzbettes nahezu horizontal sein, oder höchstens 2—3 Proc. Gefälle haben, damit das Wasser nach dem Sturze nicht allzurasch seine Geschwindigkeit wieder erlange. Es hat sich jedoch bei Thalsperren von geringerer

Höhe, sowie bei Grundschwellen auch als recht wirkungsvoll erwiesen, der Vorfeldversicherung die in Fig. 79 ersichtliche Form zu geben, in welchem Falle dann die Fallhöhe und hiemit die Gefahr der Zerstörung der Versicherung wesentlich verringert erscheinen.

Es empfiehlt sich nicht, statt einer mächtigen Steinlage im Vorfelde deren 2 oder 3 zu setzen, ebenso soll das Verzwicken mit kleinem Materiale unterbleiben. Der Körper der Vorfeldversicherung soll nicht in jenen der Sperre greifen, um nicht die Erschütterung des ersteren auf den letzteren zu übertragen.

Wo nötig, ist die Vorfeldversicherung zum Schutze der beiderseitigen Böschungen oder einer derselben im Querschnitte nach oben konkav zu halten und es sind dann ihre eigentliche Abflusssektion, sowie unter allen Umständen der sich an die Thalsperre anlehnende bergseitige, sowie der thalseitige Rand aus den vorhandenen stärksten Steinen herzustellen. Die Abflusssektion des



Fig. 79.

Vorfeldes soll immer, der unvermeidlichen Stauung des Wassers wegen, breiter als jene der Sperre gehalten werden.

Leider kann auch die stärkste Vorfeldversicherung der Kraft des abstürzenden Wassers oft nicht Widerstand leisten.

Es hat sich deshalb, wie schon an anderer Stelle bemerkt wurde, als vorteilhaft erwiesen, die Thalsperre im Fundamente bogenförmig aufzubauen, so z. B. wie in Abbildung Nr. 82, Seite 312, oder aber. bei genügender Tiefe des Fundamentes der Sperre oder bei gewölbeartigem Ausbau desselben, den sich vor dem Objekte stets bildenden Kolk mit großen Steinen aus- und immer wieder nachzufüllen, sowie gleichzeitig das Abschwemmen dieses Steinvorgrundes durch Herstellung einer in genügend weiter Entfernung vor der Sperre stehenden, im Bachbette versenkten Pilotenwand zu verhindern.

Selbstverständlich kann die Vorfeldversicherung auch auf andere Weise bewerkstelligt werden. So hat es sich als vorteilhaft

erwiesen, die Bachsohle unmittelbar vor der Thalsperre mit Hilfe von Verpfählungen etwa nach Fig. 169, Seite 400, abzustaffeln. Als vorteilhaft hat sich auch die Abdielung des gepflasterten Vorfeldes mit starkem Rundholze gezeigt, welch letzteres allerdings von Zeit zu Zeit ausgewechselt werden muss, was jedoch leicht und ohne erhebliche Kosten durchführbar ist.

Einer besonderen Versicherung bedürfen auch die sich unmittelbar an die thalseitige Stirnwand und an das Vorfeld anschließenden, beiderseitigen Böschungen, wenn diese aus lockerem Material zusammengesetzt sein sollten und es wird dann die Pflasterung des Vorfeldes gerne auf dieselben ausgedehnt.

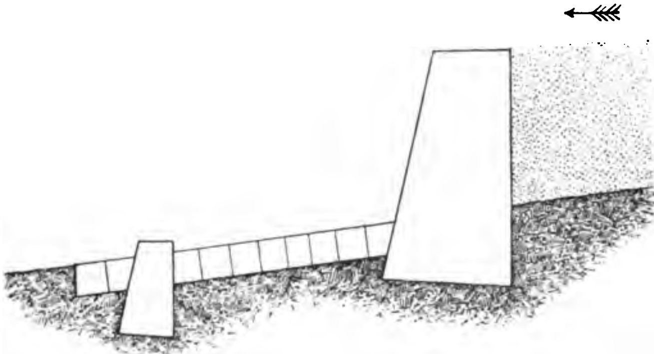


Fig. 80.

Das Vorfeld kann auch durch die Herstellung eines sekundären Vorbaues, einer sogenannten Vorsperre oder Gegensperre auch Gegenthalsperre genannt, geschützt werden, welchem Baue in der Regel der Charakter einer Grundschwelle zukommt. Die voraussichtliche Verlandung einer solchen Vorsperre soll dann bis zum Fuße des Hauptobjektes reichen.

Oft wird, der erhöhten Festigung wegen, das thalseitige Ende der Vorfeldversicherung, Pflasterung, durch eine Grundschwelle als Gegensperre abgeschlossen.

Demontzey [14]) empfiehlt als Regel die Anlage der Gegensperre, die mit der Thalsperre durch ein Vorpflaster, Sturzbett, dann zu verbinden ist, wenn der Vorgrund besonders unterwühlungsfähig sein sollte.

Die Krone der Gegensperre hat ähnliche Form, wie jene der Hauptsperre, doch soll deren Abflusssektion wegen der zu erwartenden Gegenströmungen breiter gehalten werden.

Hinsichtlich der Lage zum Sturzbette sind zwei Arten von Gegensperren zu unterscheiden. In einem Falle liegt die Krone in der Verlängerung des Sturzbettes, im anderen ragt die Krone über das Sturzbett etwas empor, Fig. 80.

Die zweite Anlage kann den Vorteil haben, dass das Wasser von der Krone der Sperre auf eine Flüssigkeits- oder selbst Geschiebeschichte von gewisser Tiefe fällt, wodurch die Wirkung des

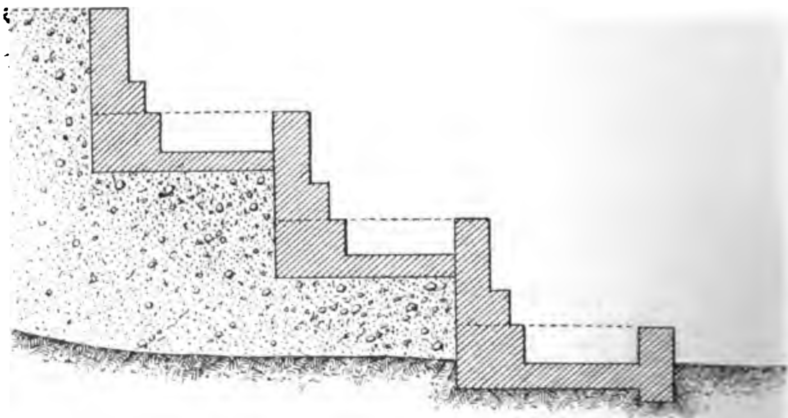


Fig. 81.

Stoßes gelindert wird. Das Wasser kann so wesentlich an Geschwindigkeit oder Kraft verlieren und langsamer über die Krone der Gegensperre abfließen. Allerdings ist der mögliche Nachteil nicht unberücksichtigt zu lassen, dass der vorspringende Teil der Gegensperre durch auffallendes Geschiebe leichter beschädigt werden kann. Die Anlage ist deshalb nur dort zu empfehlen, wo die Gegensperre so weit von der Hauptsperre entfernt ist, dass eine derartige Beschädigung ausgeschlossen erscheint.

Die in Figur 81. der eigenen Darstellung Breton's [124]) nach auszuführenden „Barrages en gradins“, welcher schon Seite 297 gedacht war, bestehen eigentlich in einer Reihe von sich gegenseitig unterstützenden Thalsperren, von welchen jede einzelne als Vorsperre für die nächst höhere, sich an sie anschließende anzusehen

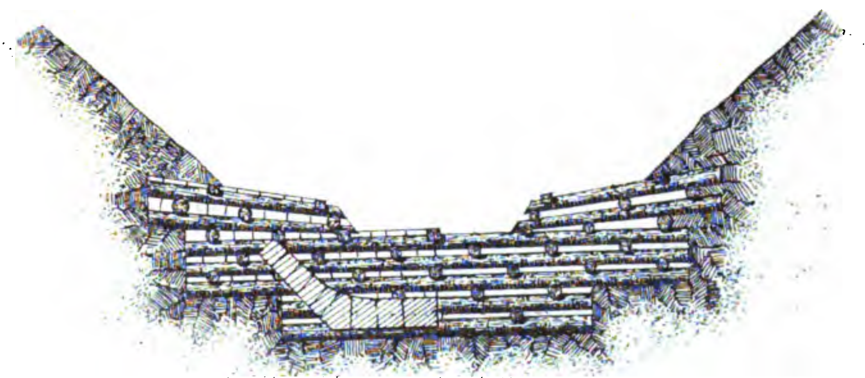


Fig 82.

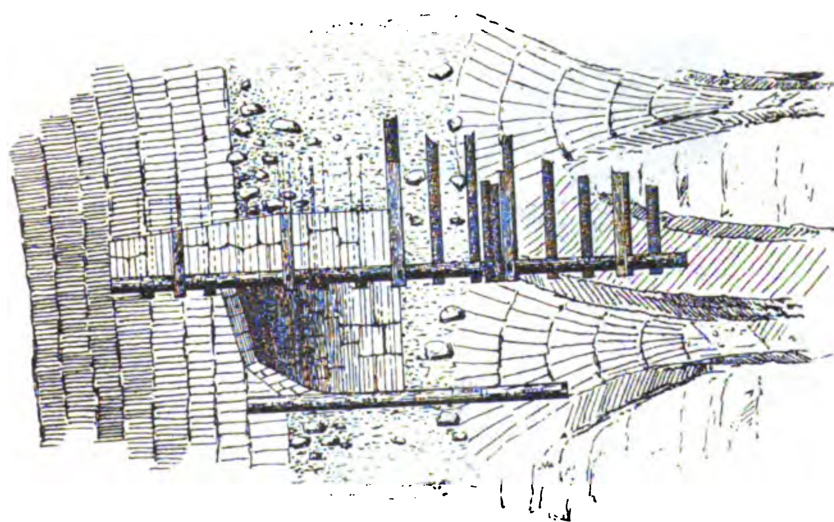


Fig. 83.

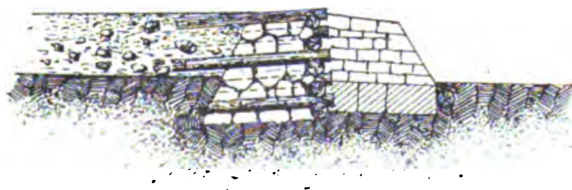


Fig. 84.

ist. Jede Vorsperre überhöht die sich anschließende Vorfeldversicherung. Diese Bauart, wie sie ähnlich bei Verbauung der Seite 119 genannten „Scesa“ in Anwendung kommt, gestattet eine rasche Sohlenhebung bei Ausnützung weiter, großer Verlandungsräume.

Im allgemeinen ist die Herstellung der Gegensperre jener der Hauptsperre ähnlich; auch eine Versicherung der ersteren in ihrem Vorfelde ist vielfach nötig. Nach Vollendung des Baues der Thalsperre ist es vorteilhaft, eine künstliche Verlandung durch Anhäufung von Steinmaterial bergseits zu schaffen, um das

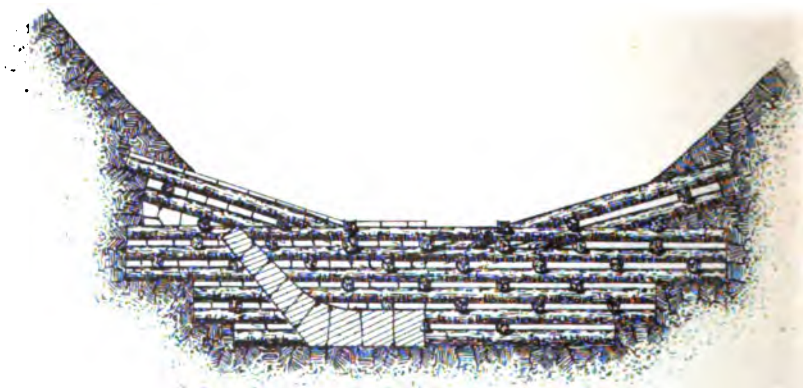


Fig. 85.

Objekt vor Eintritt der Verlandung nicht besonderer, plötzlicher Inanspruchnahme auszusetzen.

Thalsperren aus Holz können ein- oder doppelwandig sein. Die ersteren bezeichnet man oft als Blockwand- oder Balkensperren, die letzteren als volle Steinkastensperren. Der Körper der einfachen Blockwandsperre, Figg. 82, 83, 84, besteht aus einer Anzahl von übereinander gelegten, sei es unbehauenen, sei es ein- oder zweiseitig behauenen Stammstücken von entsprechender Länge und Stärke, die entweder unmittelbar aufeinander liegen oder untereinander Zwischenräume von 15 bis 20 cm Weite bilden. Im ersteren Falle wird die Sperrwand in der Regel durch vorne eingerammte Piloten gehalten. Im zweiten Falle dienen zur Festigung dieser Wand Zangenhölzer, welche nach Fig. 84 in die Hinterfüllung möglichst weit hineingreifen. Nicht ohne Vorteil ist die Verwendung von ganzen Stämmen mit voller Beastung als Zangenhölzer, in

welchem Falle durch den vollen Einschluss der Beastung in der Hinterfüllung eine größere Festigkeit erzielt wird. Es ent-

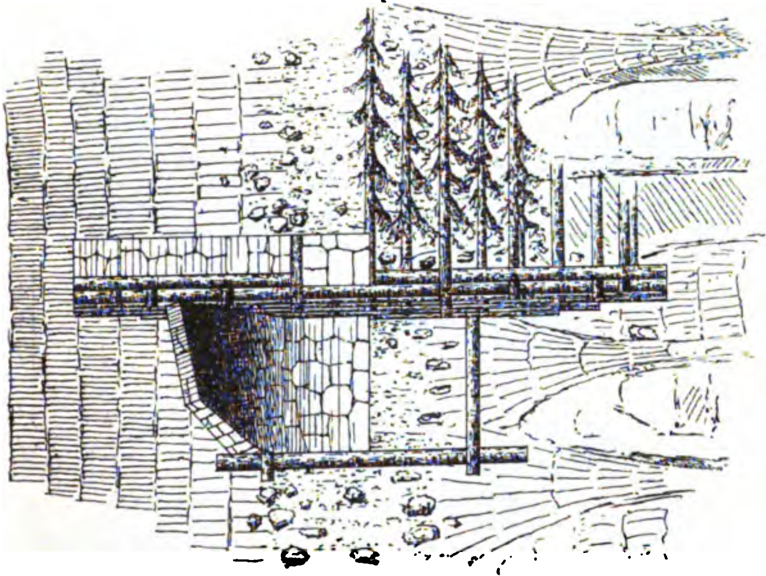


Fig. 86.

steht so die im Gebirge häufig angewendete Rauhbaumsperre, Figg. 85, 86, 87.

Die doppelte oder volle Steinkastensperre, Figg. 88, 89, 90, besteht aus zwei Balkenwänden, die untereinander mittelst Querhölzern

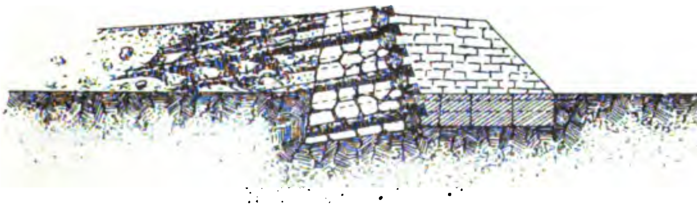


Fig. 87.

verbunden sind, wobei die Zwischenräume mit Geschiebe ausgefüllt werden und das Objekt an der Krone abgedielt oder abgepflastert wird. Ist die Profilsbreite sehr beträchtlich, so wird der Holzbau aus zwei oder drei Teilen derart zusammengefügt, dass zwei Teile einen

stumpfen Winkel bergwärts bilden oder dass bei drei Teilen der mittlere Teil senkrecht auf den Stromstrich und die Seitenteile schief und thalwärts geführt werden, so dass sich die Form jener eines



Fig. 88.

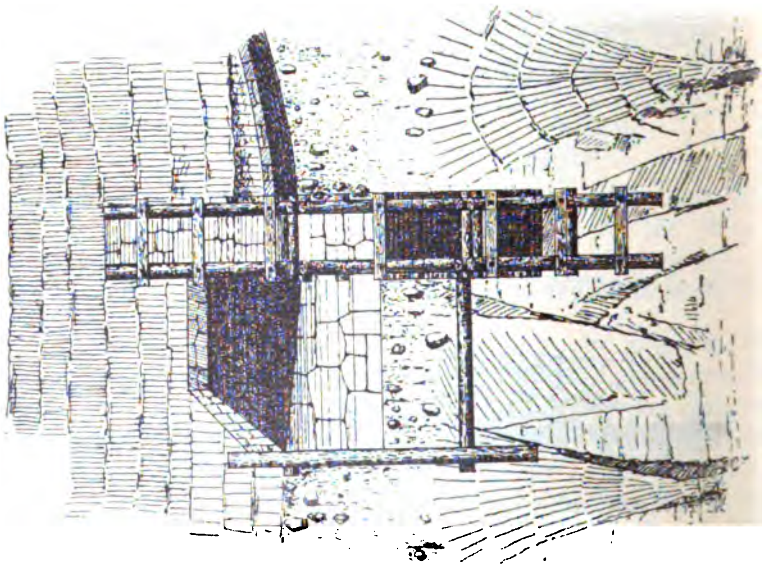


Fig. 89.

mit dem Scheitel bergwärts liegenden Gewölbes nähert. In der obersten Balkenlage wird durch Einschnitte und durch Befestigung von kürzeren Seitenstücken eine Abflussrinne für die gewöhnlichen

Wässer oder selbst für Hochwässer geschaffen und damit auch der Stromstrich von den gefährdeten Uferteilen abgelenkt.

Die Verwendung dauerhaften Holzes zum Baue, am besten Lärchen-, Zirben- oder doch harzreichen Weißföhrenholzes, ist geboten. Das Holz ist zur Zeit der Saftruhe zu fällen und im entrindeten Zustande zu verwenden. Die Stirnflächen der Zangen sollen nicht aus der Sperrwand hervorragen, weil sie sonst zu sehr abwechselnd der Feuchte und Trockenheit ausgesetzt sind und rascher zugrunde gehen. Im Falle des Baues der Steinkastensperren ist die Steinfüllung derart auszuführen, dass die größten Steine an die Außen- und Innenseite des Objektes, das schwächere Material in die Mitte desselben zu liegen kommen.

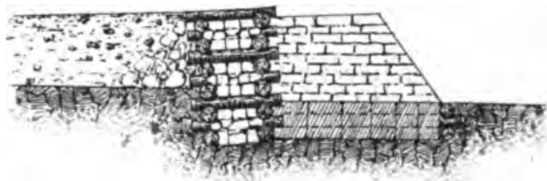


Fig. 90.

Zu beachten ist, dass Holzsperren im untersten Teile einen Holzboden, den Schwerboden, Fig. 88, zu dem Zwecke erhalten sollen, damit im Falle der Auskolkung die Steinfüllung nicht nachsinken kann

Das Objekt wird entweder unmittelbar auf Fels aufgesetzt, oder ruht auf einem pilotierten Rost, der überdies noch eine Füllung der Fundamentgrube mit Faschinenreisig oder selbst mit Beton erhalten kann.

Soll sich der Bau in den Flügeln auf Widerlager stützen, so können solche in Art einer mit Rundholz verkleideten Pilotenwand hergestellt werden.

Da die Krone der Holzbauten durch Abschleifen des Gehölzes leicht beschädigt werden kann, so erhält sie vorteilhaft eine Bedielung, die als Schusstenne über die thalseitige Stirnwand hervorragt, oder aber sie wird selbst mit Metall, so mit starkem Eisenblech verkleidet.

Die Versicherung des Vorfeldes bei hölzernen Thalsperren erfolgt in ähnlicher Weise wie bei den Steinsperren und ist in einer Art den Figg. 82 bis 90 zu entnehmen.

Die Grundschwellen.*)

Grundschwellen sind niedrig gehaltene Querwerke, — es kann als oberste Grenze die Höhe von etwa 2 m angenommen werden —, die in die Sohle des Baches, in das Rinnsal der Runse eingezogen werden. Zumeist haben sie den Zweck, die Sohle vor Erosion zu sichern, mitunter zugleich materialstauend zu wirken. Im letzteren Falle kann die Grundschwelle, gleich wie die Sperre, durch ihre Verlandung den Schutz des Lehnenfußes bezwecken und eine Verminderung des Bachgefälles herbeiführen. Grundschwellen werden auch als Stütze für andere Bauten, so Parallelwerke, Schalenbauten, Thalsperren u. dergl. m., errichtet und sind überhaupt ein im Dienste der Wildbachverbauung und namentlich bei Verbauung der erodierenden Wildbäche häufig in Anwendung kommendes Baumittel.

Soll die Grundschwelle lediglich die Sicherung der Sohle bezwecken, dann ist es nicht erforderlich, dass sie über diese hervorragt. Wird aber der Zweck verfolgt, das Bachgefälle zu vermindern, d. h. die Bachsohle zu staffeln, oder aber Materiale zurückzuhalten, bezw. durch die Verlandung der Grundschwelle den Schutz der Lehnenfüße herbeizuführen, dann gelten beim Baue ähnliche Grundsätze wie bei Thalsperren. Gerne wird aus an anderer Stelle angeführten Gründen die Anlage mehrerer Grundschwellen der Errichtung einer größeren Thalsperre vorgezogen.

Nachdem an Grundschwellen an und für sich geringere Anforderungen bezüglich Widerstandskraft gestellt werden, Beschädigungen an ihnen leichter gut zu machen sind, die Folgen solcher Beschädigungen nicht so rasch größeren Umfang annehmen, so unterliegt auch die Wahl der Baustelle und des Baumateriales keiner so strengen Beurteilung wie beim Thalsperrenbau.

Es handelt sich bei Grundschwellen vorwiegend um die Sicherung der Sohle auf bestimmter Strecke, oder um den Schutz anderer Bauten, und es ist deshalb die Baustelle eine zumeist gegebene.

*) Die Anlage von Grundschwellen ist den folgenden, vorhergehenden Abbildungen zu entnehmen: Nr. 6, Seite 34, Nr. 8, Seite 38, Nr. 22, Seite 99, Nr. 23, Seite 107, Nr. 25, Seite 113, Nr. 26, Seite 114, Nr. 27, Seite 115, Nr. 28, Seite 116, Nr. 29, Seite 117, Nr. 30, Seite 118, Nr. 31, Seite 119, Nr. 33, Seite 121, Nr. 34, Seite 122, Nr. 35, Seite 123, Nr. 37, Seite 129, Nr. 41, Seite 135, Nr. 53, Seite 14[illegible], Nr. 54, Seite 148, Nr. 55, Seite 149, Nr. 56, Seite 150, Nr. 61, Seite 160, Nr. 62, Seite 162, Nr. 64, Seite 164 und Nr. 73, Seite 192.

Innerhalb der allenfalls zulässigen Grenzen werden aber die bei dem Baue der Thalsperren angeführten, bezüglichen Grundsätze zu beachten sein.

Auch hinsichtlich der Wahl des Baumateriales wird auf den Thalsperrenbau verwiesen. Da jedoch die Grundschwellen vielfach in den vorwiegend engen und steilen Seitenzuflüssen und Runsen der Wildbäche, wo sich sehr häufig bedeutender Mangel an halbwegs geeigneten Bausteinen zeigt, Anwendung finden, so wird beim Grundschwellenbau häufig Holz in Gebrauch kommen. Oft werden Flecht- und Faschinenwerke, die sich bei Verwendung von ausschlagfähigem Materiale begrünen können und dann zu sogenannten „lebenden" Werken werden, errichtet.

Was die allgemeinen baulichen Grundsätze anbelangt, so sind hinreichend tiefe Fundierung, hinreichend tiefes Einbauen der Flügel, geradlinige oder Bogenform, Anlauf der thalseitigen Stirnwand, Gestalt der Krone, ähnlich wie beim Thalsperrenbau zu beurteilen.

Grundschwellen aus Stein, die zur Sicherung der Sohle oder zum Schutz der anbrüchigen Lehnenfüße dienen, können in vielen Fällen rustikal, d. h. weniger sorgfältig, jedoch immerhin bei Verwendung großen, guten Materiales, trocken gemauert werden. Durch Untermauerung allenfalls im Bachbette vorhandener großer Steine, können mitunter einfache, dabei genügend haltbare Schwellen gebildet werden.

Die Vorfeldversicherung ist bei der niedersten Schwelle notwendig und wird selbst dann unerlässlich, wenn sich die Schwelle nicht über das Niveau der Thalsohle erheben sollte.

Schwellen, die sich an Parallelwerke, Schalenbauten etc. anlehnen und diese oder auch Thalsperren stützen, müssen im allgemeinen sorgfältiger hergestellt werden.

Eine besondere Art gemauerter Schwellen sind die von Demontzey[14]) empfohlenen Sporne Fig. 91, die aber eigentlich mehr den Charakter von Buhnen haben. Solche Sporne haben den Zweck, Wasser von gefährdeten Ufern abzulenken und gegen festere Ufer zu drängen. Zwischen je 2 Spornen wird die anbrüchige Lehne durch einfache Pflasterung geschützt. Wird eine derartige Pflasterung nicht ausgeführt, so muss das Vorfeld des Spornes durch Einlagern großer Steine möglichst gesichert werden. Solche Bauten, Sporne, werden zumeist in guter Trockenmauerung errichtet, oder man benützt bereits im Bachbette vorhandene Blöcke, um durch

entsprechende Untermauerung dieser, ähnliche einfache Objekte herzustellen.

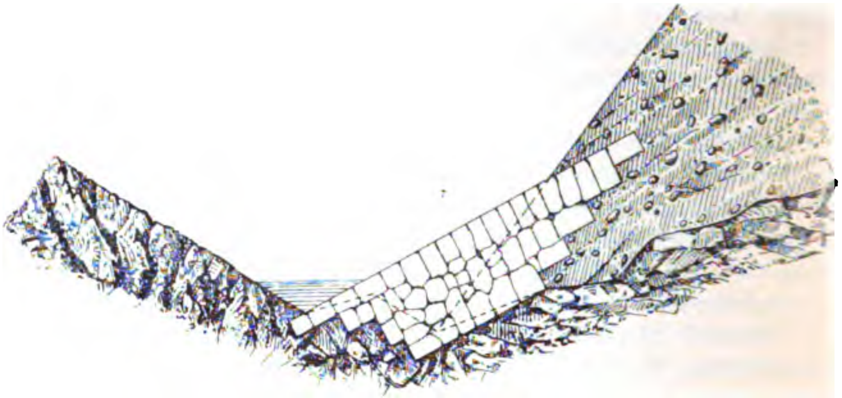


Fig. 91.

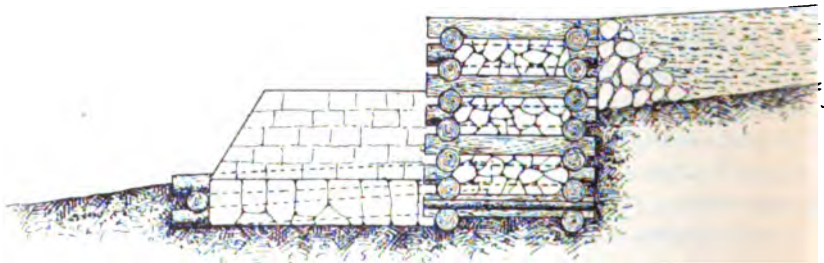


Fig. 92.

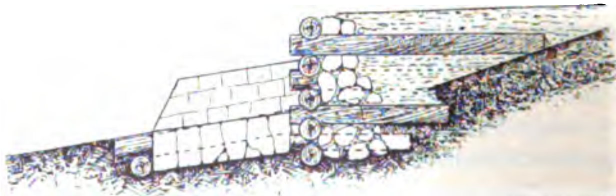


Fig. 93.

Die Konstruktion hölzerner Grundschwellen ähnelt gleichfalls jener der Thalsperren. Besonders häufig in Anwendung sind die Steinkastenbauten, Figg. 92 und 93, die **Rauhbaumschwellen**, Figg. 85, 86 u. 87, gebildet aus Wandbäumen und beasteten

Zangen, dann die „Isserischen“, gewöhnlich aus stärkerem Rundholz zusammengesetzten Grundschwellen Figg. 94, 95, 96, auf

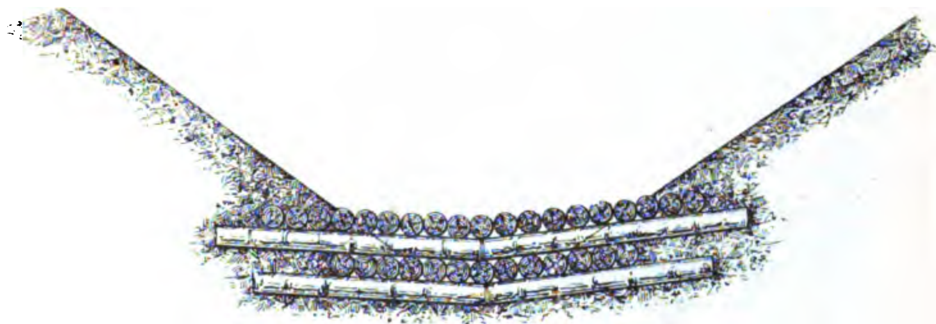


Fig. 94.

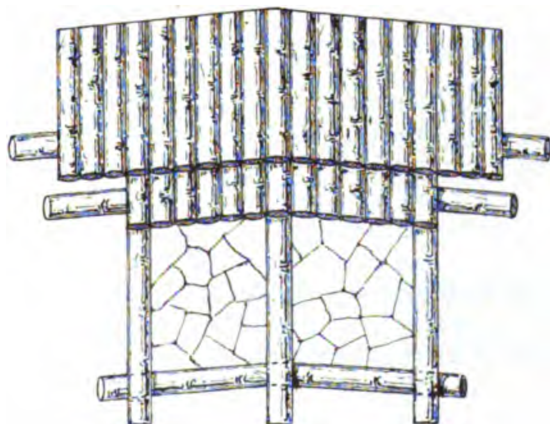


Fig. 95.

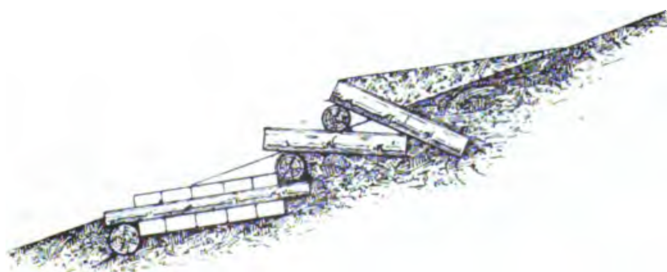


Fig. 96.

welche sich auch die Abbildungen Nr. 29 und 30, Seite 117 und 118 beziehen.

Eine besondere und sehr zweckmäßige Art von Schwellen ist die nach Schindler mit Hilfe von Verpfählungen, Abbildung Nr. 37, Seite 129 und Fig. 20, Seite 126, hergestellte. Sie empfiehlt sich sowohl zur Staffelung der Bachsohle als auch zum Schutze gegen Kolkungen. Bei Bächen mit größerer Wasser- und Geschiebeführung sollen die Pfähle durch Piloten ersetzt werden. Diese letzteren bilden das Gerippe des Baues, welches dann ausgepflastert wird.

In den Sudeten, Gebiet der Ostravitza, kamen ortweise Schwellen in Gestalt von kleinen hölzernen Rechen, Schotterfängen, in Anwendung. Ihr Zweck, d. i. die vorübergehende Ansammlung von Materiale, kann nicht immer gut geheißen werden, denn sie können zu Verklausungen Anlass geben und sind vermöge ihrer leichten Konstruktion nicht geeignet, starker Inanspruchnahme zu widerstehen.

In Fällen, wo Stammholz nicht oder nur in geringer Menge zur Verfügung steht, werden Grundschwellen auch als Flecht- oder Faschinenwerke hergestellt. Je gröber das Geschiebe, das der Bach führt, desto weniger ratsam ist es, Schwellen aus den letzt angeführten Materialien herzustellen. Aus Flechtwerk hergestellte Schwellen eignen sich daher wohl am besten in mehr trockenen Runsen, deren Bebuschung aber immerhin möglich ist. Ueber ihre Herstellung möge in Kürze folgendes bemerkt sein:

Verwendbares Flechtmaterial für den vorliegenden Zweck geben in erster Linie die Weiden[270]) und Pappeln, dann wohl auch die Hornstrauch- und Hartriegelarten, die Hasel, die Erle, selbst die junge Buche und Eiche. Zur Herstellung von Verflechtungen sind Pfähle und Flechtreiser notwendig.

Zu Pfählen wird in der Regel Nadelholz, zumeist Tanne verwendet, dann auch Fichte und Lärche, weil diese Holzarten in der Jugend mehr geradschäftiges Holz liefern. Die Kiefer ist im Hinblick auf das zuletzt Erwähnte weniger gut zu verwenden. Mit Rücksicht auf Dauerhaftigkeit sind die Lärche und Föhre, oder dort, wo Zirbe vorhanden, auch diese der Tanne und Fichte vorzuziehen. Fehlt junges Holz, so muss älteres durch Spalten zu Pfahlholz geeignet gemacht werden.

---

270) Siehe: „Die Band- und Flechtweiden und ihre Kultur als der höchste Ertrag des Bodens"; von Friedrich Dochnahl, sen. Basel 1887.

Wenn es an Nadelholz mangelt, so können auch Laubhölzer, Eiche, Kastanie, Akazie, Pfahlholz liefern. Die Stärke der Pfähle, die am besten dürr sein sollen, richtet sich nach der Höhe, die sie über dem Boden zu bewahren haben. Je höher der Pfahl aus dem Boden herausragen soll, desto stärker muss er sein.

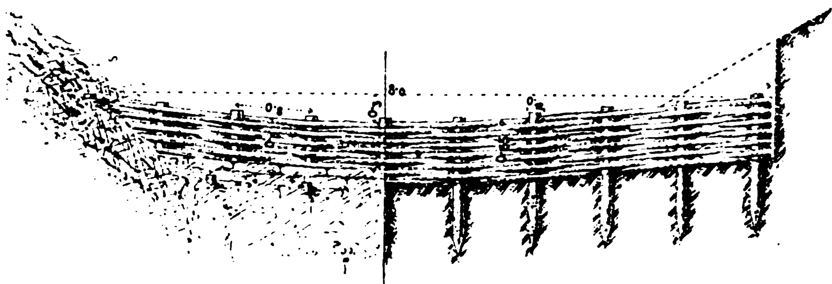


Fig. 97.

Mit Vorteil wird man die Pfähle am unteren Ende ankohlen und über die Hälfte in den Boden einrammen. Allerdings bringt das Ankohlen eine gewisse Minderung der Festigkeit mit sich.

Bei der Wahl des Flechtmateriales handelt es sich darum, ob auf Ausschlag gerechnet werden soll oder nicht.

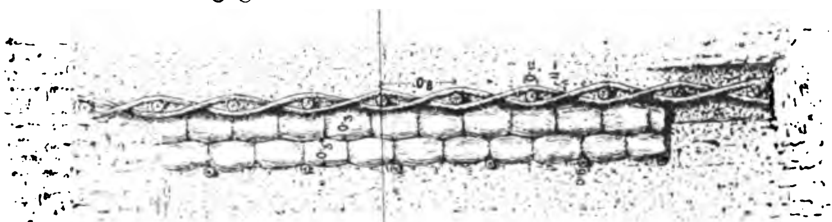


Fig 98.

Am besten verwendbar im ersten Falle sind 4—10 jährige, 2—3 m lange Weiden- oder Pappel-Ausschläge. Sie müssen zur geeigneten Zeit, während der Vegetationsruhe, geschnitten und frisch verwendet werden.

Wo solches Material nicht zur Verfügung steht, wird man sich mit anderen Laubhölzern oder selbst mit Nadelholz, im letzteren Falle zur Herstellung „toter“ Werke, begnügen müssen.

Junges Material ist unter allen Umständen dem älteren vorzuziehen, weil es sich besser verflechten lässt und rascher und besser begrünt.

Gutes grobes Flechtwerk geben viele Weidenarten, von welchen

die Purpur- und die graue Weide, dann die verschiedenen Mandelweiden u. a. hervorzuheben sind. In den Figg. 97 bis 102 sind die einfachsten, ein- und doppelwandigen Flechtwerke mit versichertem Vorfeld dargestellt. Demontzey[14]) teilt die Flechtwerke, die bei den Verbauungen in Frankreich verbreitete Anwendung finden, in 2 Ordnungen, Figg. 103 und 104, wovon die erste wieder in 2 Typen zerfällt. Die Flechtwerke 1. Ranges, Fig. 104 und Fig. 103, 1.2 m hoch, werden im Frühjahre, jene 2. Ranges, Fig. 103, 0.5 m, hoch, im Herbste hergestellt.

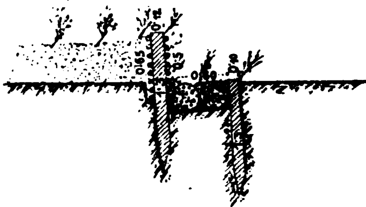


Fig. 99.

Das Flechtmaterial bei den Werken 1. Ranges nach Fig. 104.

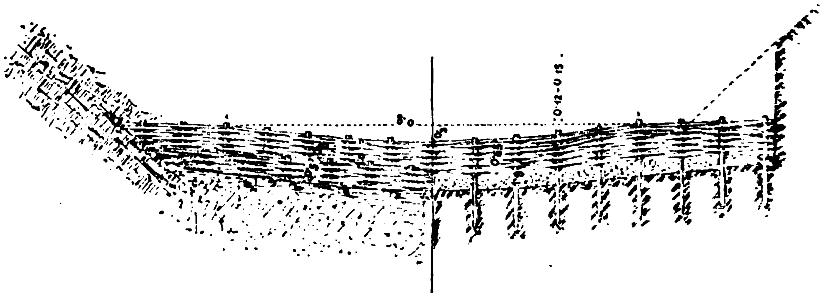


Fig. 100.

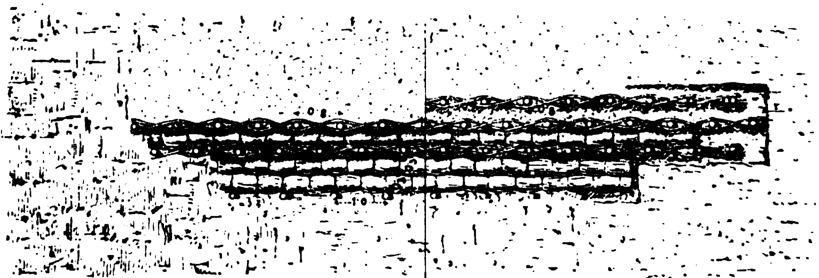


Fig. 101.

welche eine Spannweite bis 15 m erhalten können, besteht aus den stärksten Weidenruten. Die Pfähle sind abwechselnd aus hartem Holz und ausschlagfähigen Weidenstangen gebildet. Bergseits des Werkes befindet sich zum Schutze desselben eine 1.5 m breite

Anschüttung, in welche überdies vertikal und horizontal Weidenruten eingesteckt werden.

Die übrige Konstruktion ist aus der Figur 104 ersichtlich.

Diese angeführten Typen, zu welchen noch eine doppelwandige, sonst nach Typus 2, 1. Ranges, Fig. 103, 1,2 m hoch, konstruierte, treten kann, können bei Runsenverbauungen mit Vorteil angewendet werden.

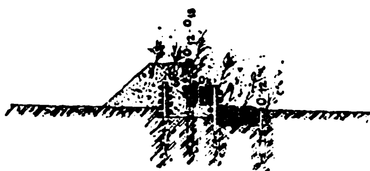


Fig. 102.

Demontzey empfiehlt noch sogenannte Querflechtwerke als Werke niederer Ordnung zur Bindung und Staffelung des Verlandungskörpers der Werke 1. Ranges,

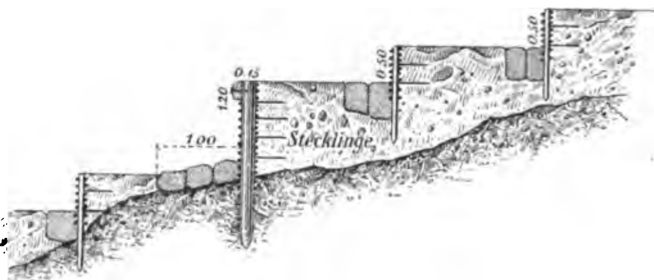


Fig. 103.

so z. B. der Thalsperren, wie dies ähnlich in Abbildung Nr. 23, Seite 107 zu sehen war, doch werden sie, wie Flechtwerke überhaupt, nur in vorwiegend feines Geschiebe führenden Bächen vorteilhaft zu verwenden sein.

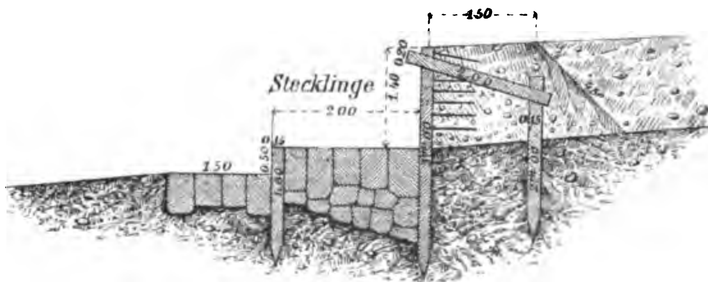


Fig. 104.

Bezüglich der Faschinenwerke wäre zu erwähnen:

Faschinen sind Wülste aus Reisig hergestellt, die in der Regel 4 m lang und bei 30 cm stark sind. Zu Faschinenreisig eignet sich Reisig von allen Bäumen und Sträuchern mit nicht zu knorrigen und spröden Aesten. Dieses Reisig wird derart gesondert, dass die langen dünnen Ruten nach außen, nach innen das schlechte Material zu liegen kommt. Gutes Uebergreifen des Materiales ist

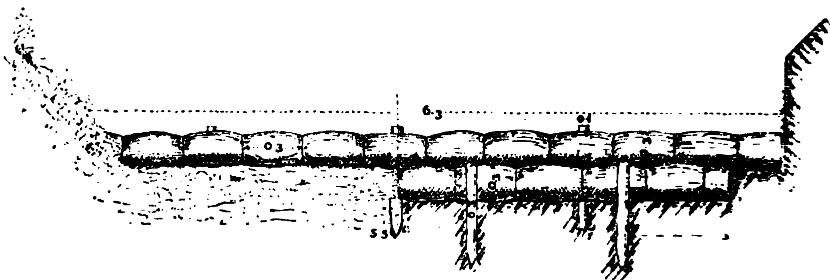


Fig. 105.

zweckdienlich. Diese Wülste, in der Faschinenbank erzeugt, werden von den Enden 12.5 und dann von je 25 zu 25 cm mit Wieden umwickelt und festgebunden. Gute Wieden liefern Weinrebe, Bandweide, Birke, Pappel und Hasel. Die Wieden

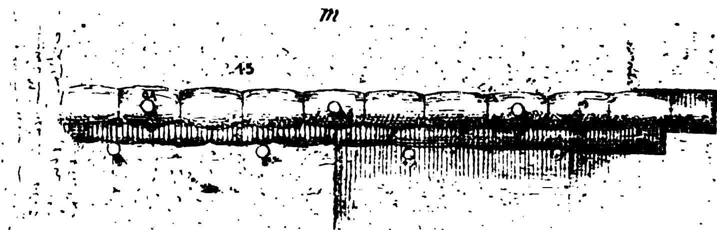


Fig. 106.

verlangen besondere Behandlung. Die frischen spröden Ruten werden entlaubt, 8—10 Stück unter stetem Wenden in Flammenfeuer gehalten, bis sie schwitzen und aufspringen. Um ihnen Zähigkeit zu geben, genügt es auch sie in feuchte Erde einzugraben. Zur Erzielung der nötigen Biegsamkeit werden die Wieden um den sogenannten Wiedenpfahl gedreht. Dieser Pfahl ist etwa 2 m lang, 10 cm stark und wird bei 50 cm tief in den Boden gesteckt und oben mit einem Oehr versehen, in welches ein Ende der Wiede zu liegen kommt. Zum Binden der Faschine kann

auch mit Vorteil Draht, wegen dessen größerer Dauerhaftigkeit, verwendet werden.

Faschinen werden mitunter im Inneren, im Kerne, mit Erde, Schotter ausgefüllt, sind dann beträchtlich schwerer und heißen Senkfaschinen oder Sinkwalzen. Sie bieten den Vorteil, eine schnellere Begrünung dann zu vermitteln, wenn ausschlagfähige Reiser zur Bildung der Faschine verwendet werden; auch sind sie dauerhafter als reine Holzfaschinen. Wird ihnen im Baue eine gewisse Beweglichkeit gewahrt, so können sie den weiteren Vorteil haben, entstandene Kolke durch Nachsinken auszufüllen.

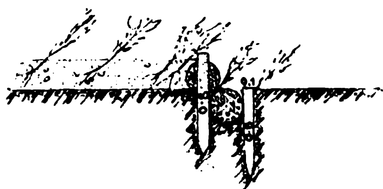


Fig. 107.



Fig. 108.

In welcher Weise Faschinen bei der Anlage von Grundschwellen zur Verwendung gelangen, ist in den Figg. 105, 106, 107 ersichtlich.

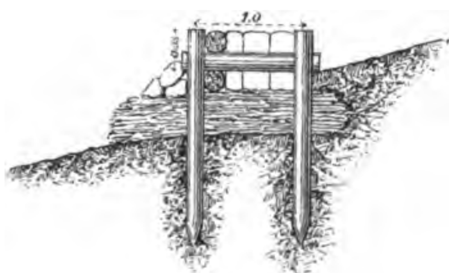


Fig. 109.

Diese und ähnliche Faschinenwerke finden jedoch mehr in kleinen, schmalen Runsen Anwendung. Für breitere Runsen empfiehlt Demontzey [14]) zwei Typen, und zwar die Faschinenwerke 1. und 2. Ranges, Fig. 108.

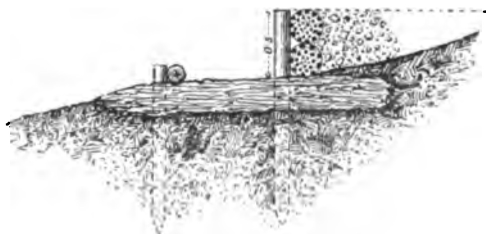


Fig. 110.

Durch Anlage der Faschinenwerke 1. Ranges kann leicht eine Abflusssektion gebildet und dem Baue eine gegen den Berg konvexe Form ge-

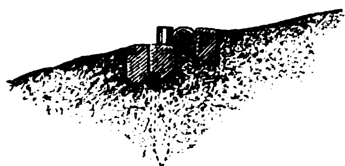


Fig. 111.



Fig. 112.

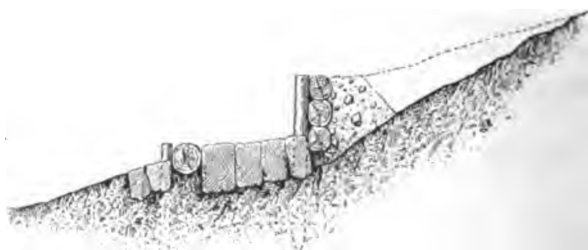


Fig. 113.

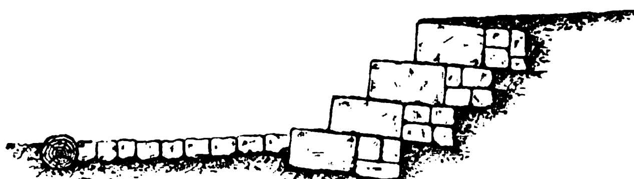


Fig. 114.

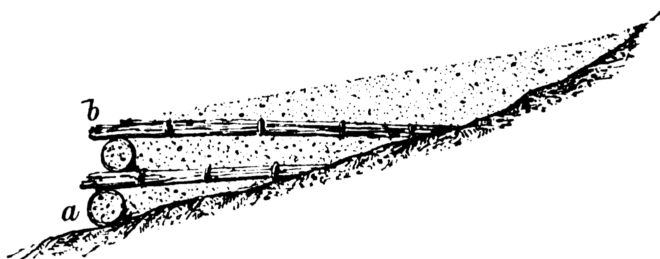


Fig. 115.

geben werden. Bei den Werken 1. Ranges werden zwischen die Faschinen Weidensetzstangen, bei jenen 2. Ranges Stecklinge in oder durch die Faschine gesteckt.



Abbildung Nr. 83. Sohlenstaffelung im Ilgenbache. Württemberg.

Aus: „Wildbachverbauungen und Regulierung von Gebirgsflüssen"; von E. Dubislav.

Auch derartige Werke werden, weil sie der Beschädigung und Unterwaschung leicht unterworfen sind, mit besonderem Vorteil nur in nicht sehr wasserführenden und nicht sehr grobes Geschiebe führenden Runsen zu verwenden sein.

Fester wird die Grundschwelle, wenn sie aus Faschinenmaterial und Stammholz, etwa nach den Figg. 109, 110, hergestellt ist. Diese und ähnliche, Figg. 111, 112 und 113, mit Erfolg in der Schweiz errichteten, von Landolt[21]) beschriebene Schwellen bestehen aus einer Unterlage von Faschinenmaterial, sind zumeist aus Stammholz zusammengesetzt und, wie in Fig. 109, mit einer starken Pflasterung versehen.

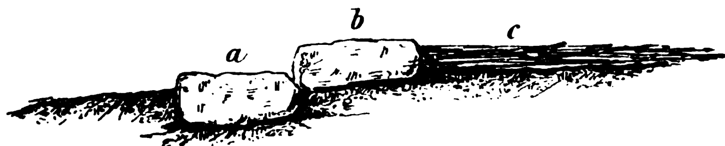


Fig. 116.

Die Art des Grundschwellenbaues ist im übrigen eine so mannigfache, dass von einer erschöpfenden diesbezüglichen Beschreibung abgesehen werden kann. Die Einfachheit des Baues ermöglicht übrigens rasche Beurteilung betreffs zweckmäßiger Wahl einer oder der anderen Bauweise.

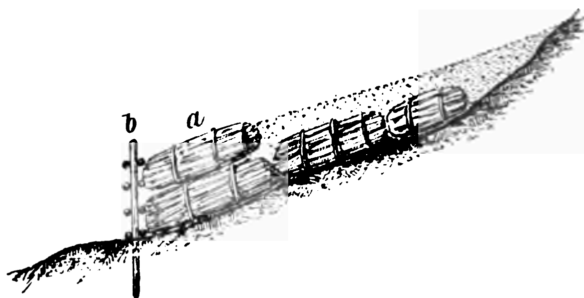


Fig. 117.

Ueber eine etwas eigene Art des Grundschwellenbaues, wie sie in Württemberg im Gebrauche ist, wird Seite 464 berichtet werden; Abbildung Nr. 83 und Fig. 114 veranschaulichen ihn.

Ueber in Japan in Gebrauch kommende Grundschwellen, Figg. 115, 116, 117, wird Seite 474 Mitteilung gemacht.

Die Uferschutzbauten.

Der Uferschutzbau findet namentlich bei Verbauung der Wildbäche der Berg- und Hügelländer, doch auch bei jenen des Hochgebirges Anwendung. Sein Zweck ist der unmittelbare Uferschutz oder die Stütze von Verbauungsmaßnahmen in den Gehängen. Die Wahl der Baustelle ist durch die örtlichen Verhältnisse gegeben. Für die Wahl des Baumateriales gelten die allgemeinen, bei den Thalsperren angeführten Grundsätze. Vielfach ist es bei derartigen Bauten erwünscht, die Ufer thunlichst rasch zu begrünen und deshalb kommt, wo es die Verhältnisse, so geringeres Gefälle innerhalb des zu sichernden Rinnsales, geringere Geschiebeführung, dann die Standortsverhältnisse zulassen, der

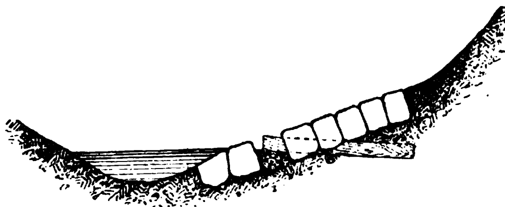


Fig. 118.

Holzbau bei Benützung ausschlagfähigen Materiales gerne in Anwendung. In manchen Fällen kann, wie an anderer Stelle zu bemerken Gelegenheit war, der bewegliche Uferschutzbau zweckdienlich sein, in welchem Falle der reine Steinbau ausgeschlossen erscheint.

Es kann nicht Aufgabe sein, die verschiedenen Arten des Uferschutzbaues zu beschreiben, vielmehr sollen nur die bei den Wildbachverbauungen gebräuchlichsten Typen herausgegriffen werden.

In den Wildbächen des Hochgebirges ist der Steinbau oder der Steinkastenbau die Regel. Gemauerte Uferschutzbauten sind den Figg. 118, 119 und 120 zu entnehmen. Ihre Fundierung muss eine sichere sein und sind sie deshalb oft auf einen Rost, besser noch auf einen Betonsockel zu setzen. Der Bau, wie er der Fig. 120 zu entnehmen ist, kann, weil im Vorfelde besonders versichert, auch als besonders widerstandsfähig angesehen werden.

Für die Mauerung gelten gleiche Grundsätze wie bei Thalsperren. Die Trockenmauerung bei Verwendung großer Steine ist

gebräuchlich. In neuerer Zeit kommen Betonbauten und zwar zunehmend, vorteilhaft in Anwendung.

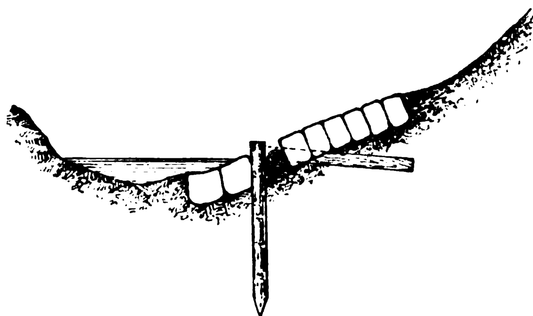


Fig. 119.

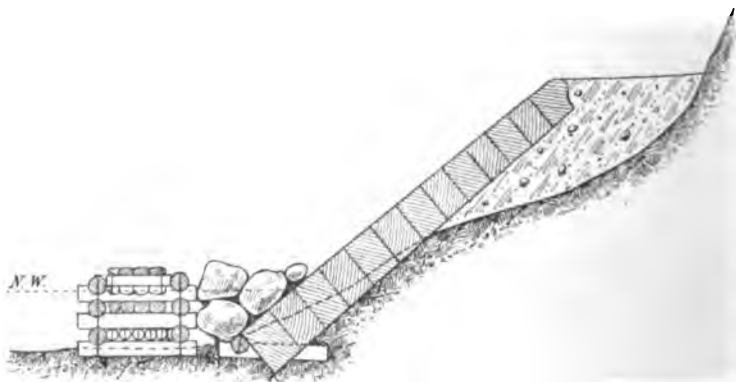


Fig. 120.

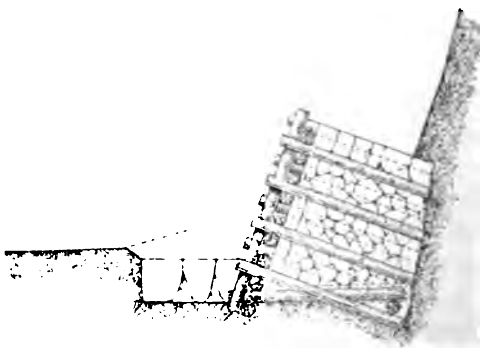


Fig. 121.

Uferschutzbauten in Art des Steinkastenbaues sind den Figg. 121, 122 zu entnehmen. Für die Herstellung gelten die gleichen Regeln, wie für jene der Steinkastensperren. Oft ist mit dem Steinkasten eine Pitolierung nach Fig. 122 in Verbindung, in welchem Falle die Piloten gerne nach auswärts, d. i. auf die Wasserseite, gestellt werden, damit die Wandbäume durch den Druck der

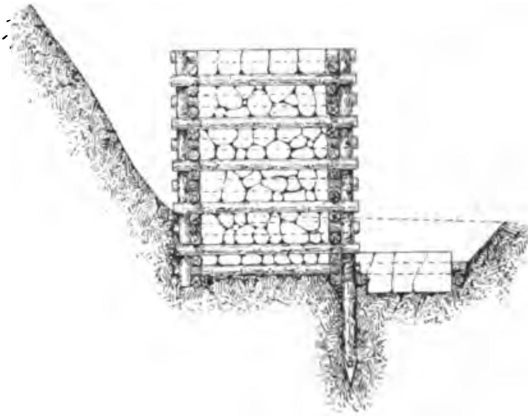


Fig. 122.

Füllung nicht so leicht außer Nagelverbindung kommen können. Zweckmäßig kann unter Umständen der Grassbau, Fig. 123, sein,



Fig. 123.

welcher in abwechselnden Lagen von Stein und Grass, d. i. einer Schichte von Astwerk besteht.

Flecht- und Faschinenwerke kommen in der verschiedensten Form zur Anwendung, wie das bezüglich der ersteren aus den Figg. 124, 125 ersichtlich ist.

Als besondere, für den Uferschutzbau namentlich zu beachtende Bauregeln wären hervorzuheben:

Wo die Gefahr der Auskolkung vorhanden ist, sind die Bauten an der Wasserseite mit einer Versicherung zu versehen, die in einer aus dem Fundament ragenden Spreitlage. einen rohen Steinwurf, einer gepflasterten, allenfalls auf Rost gesetzten Berme und dergl. m. bestehen kann. Derartige Versicherungen sind namentlich an den konkaven Bachstellen geboten. Flache Böschungen sind den steilen vorzuziehen. Gemauerte starre Bermen sind, wenn die Verhältnisse solche nicht unbedingt erheischen. besser durch massive Steinwürfe zu ersetzen, weil diese, ihrer Beweglichkeit wegen, etwa gebildete Kolke besser ausfüllen, dabei aber leicht wieder auf die gewünschte Höhe gebracht werden können.

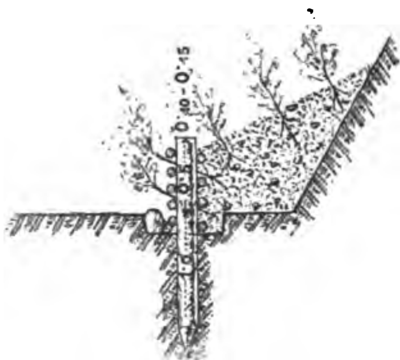


Fig. 124.

Die Krone des Uferschutzbaues soll in der Regel hochwasserfrei sein, damit eine Hinterspülung desselben oder aber ein Angriff der zu sichernden Böschung ausgeschlossen ist. Vorteilhaft ist es, an der Landseite, an den Uferschutzbau anschließend, Traversen herzustellen, um das Hinterland im Falle der Ueberflutung besser zu schützen. Dies kann sich namentlich dann empfehlen, wenn gleichzeitig mit dem Uferschutz der Abbau von Schotterfeldern geplant sein sollte, wie dies bei den Wildbächen der Berg- und Hügelländer vielfach zutrifft. Die

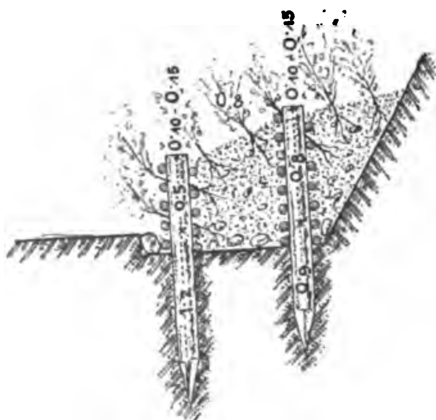


Fig. 125.

Traversen werden dann in einer dem Uferschutzbau ähnlichen Weise hergestellt.

In starkem Gefälle sind starre Uferschutzbauten durch Grundschwellen zu stützen.

Das obere Ende des Uferschutzbaues ist, um die Gefahr der Umgehung zu beheben, in die Böschung, in das Ufer sicher einzubinden; der Bau selbst schreitet in der Regel von oben nach unten hin fort und wird am unteren Ende entsprechend mit dem Ufer in Verbindung gesetzt.

Von besonderen, in den Wildbächen mehr oder minder anwendbaren Arten des Uferschutzbaues sei zunächst der Sinkwalzenbau, Fig. 126, genannt, wie ihn Gumppenberg[129]) des näheren be-

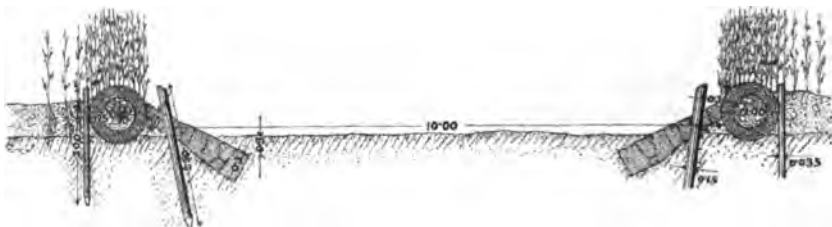


Fig. 126.

schreibt und wie er sich unter gewissen Verhältnissen bei Verbauung der Wildbäche der Berg- und Hügelländer gut bewährt hat.

Als besondere Regeln für einen derartigen Bau wären hervorzuheben:

Die Sinkwalzen bestehen aus einer womöglich ausschlagfähigen Faschinenmateriallage, welche, etwa 20 cm vom Rande gemessen, einen Kieskern von 60 cm Durchmesser einschließt. Diese Walzen werden auf einem eigens hiezu hergestellten Bockgerüste, — die Figg. 127 bis 133 zeigen die verschiedenen Stadien des Bindens der Walze —, mit Eisendraht gebunden und nach Fertigstellung von dem Gerüste abgewälzt. Sie werden vorteilhaft in jener Länge erzeugt, welche zur Deckung der Ufer erforderlich ist und können in einer Lage, Fig. 126, oder auch in 2 und 3 Lagen zur Verwendung gelangen. Vor der Sinkwalze und zwar noch vor dem Legen dieser, geschlagene Piloten bezeichnen die Uferlinie und sollen die Walze vor allfälliger Verwerfung schützen. Um den Walzen eine gewisse Beweglichkeit zu geben,

sind die Piloten in einem Abstande von etwa 30 cm vor die ersteren zu schlagen. Die Walzen werden entweder an und für sich aus aus-

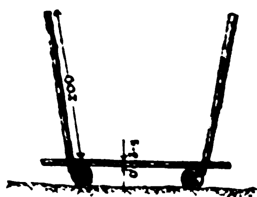


Fig. 127.

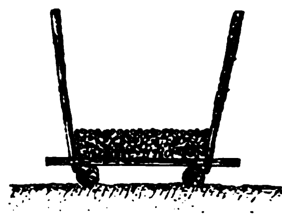


Fig. 128.

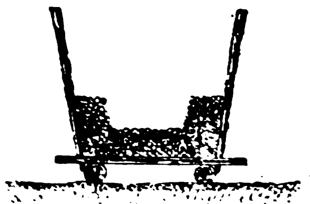


Fig. 129.



Fig. 130.



Fig. 131.

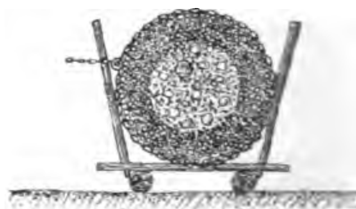


Fig. 132.

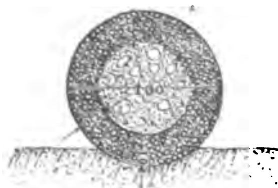


Fig. 133.

schlagfähigem Material hergestellt, oder aber doch mit ausschlagfähigen Ruten besteckt. Im Falle der Auskolkung, die an concaven Uferstellen nahezu unvermeidlich ist, ist vor die Sinkwalze ein Steinvorwurf zu setzen. Das Hinterland wird, wo das nötig fällt, mit Traversen, deren in Mähren oft in Anwendung kommende Bauart den Figg. 134 bis 138 zu entnehmen ist, abgebaut und aufgeforstet.

Als Vorteile des Sinkwalzenbaues wären dessen auf die Schwere der Walze zurückzuführende Beweglichkeit, welche der Ausfüllung gebildeter Kolke und der besseren Schlauchentwicklung zugute kommt, die Möglichkeit der Schaffung gewachsener Ufer, die zulässige Vermeidung der Sohlensicherung durch Grundschwellen und daher auch eine gewisse Bauökonomie zu nennen. Diese Bauart kann übrigens auch dazu dienen, in flachen Inundationsgebieten ausgesprochene Ufer zu bilden. Anwend-



Fig. 134.



Fig. 135.

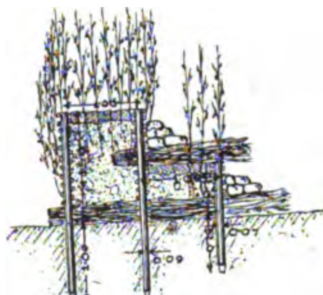


Fig. 136.

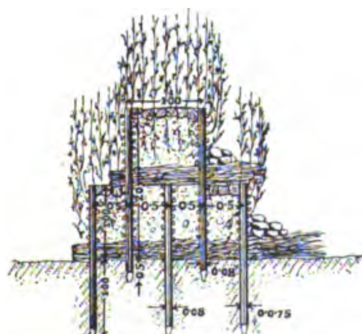


Fig. 137.

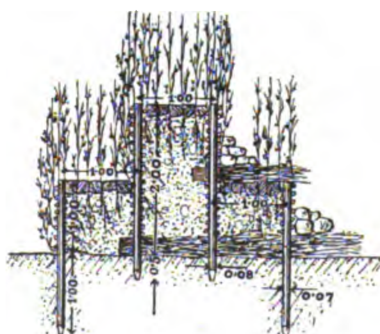


Fig. 138.

bar bleibt sie aber nur unter geringeren Gefällsverhältnissen, bei Führung nicht zu groben, etwa nur 1 dm starken Schotters, dann dort, wo Eisgänge nicht zu erwarten sind und in nicht unter

etwa 10 m breiten Profilen. In engen Profilen kann im Falle des Reißens der Walze, mit welchem immer zu rechnen ist, leicht ein vollständiges Verlegen des Bachlaufes mit allen nachteiligen Folgen eintreten.

Bei Uferbauten und Bachlaufkorrektionen, wo es sich darum handelt, die Ufer des ausgehobenen künftigen Gerinnes vor Unterwaschung thunlichst zu schützen, oder in jenen Fällen, in welchen, wie beim Sinkwalzenbau, in flachen Inundationsgebieten erst Ufer zu schaffen sind, verdient diejenige Methode den Vorzug, welche die Bildung flacher Uferböschungen ermöglicht.

Ein vom erzherzoglichen Güterdirektor Ludwig Seeling in Izdebnik bei der Regulierung des Skawinkabaches in Galizien das erste Mal zur Anwendung gebrachtes System der Parallelwerke und der Traversen hat den Vorteil, dass das Böschungsverhältnis des künftigen Ufers nach Belieben hergestellt werden kann.

Der Vorgang bei der Herstellung der Seelingschen Parallelwerke, Figg. 139 bis 143, ist folgender:

Nach Ausstecken der Trace wird die Linie der Parallelwerke durch eine Reihe 1,5 m langer und 8 cm starker Pfähle welche in den Abständen von 1,3 m, 1 m tief eingetrieben werden, markiert. Hinter dieser Pfahlreihe werden in einer Entfernung von 1,3 m zwei, beziehungsweise drei weitere Pfahlreihen eingetrieben, je nachdem es sich darum handelt, ein bestehendes Ufer zu schützen oder ein neues Ufer herzustellen. Die in der Mitte des Parallelwerkes befindlichen Pfähle haben eine Länge von 2 m und werden in den Boden so tief eingetrieben, bis die gewünschte Höhe des Dammes erreicht ist. In der Regel beträgt dieselbe 0,80 m.

Die Lage der Pfähle zur Stromrichtung ist aus der Fig. 140 zu entnehmen.

Der zwischen diesen Pfählen befindliche Raum wird mit Faschinenreisig von beliebigem Ausmaße möglichst dicht ausgefüllt und mittelst Querstangen derart befestigt, dass die Enden der Stangen den Boden berühren, Fig. 139. Werden nur drei Pfahlreihen zum Schutze der Ufer eingetrieben, so berührt nur das dem Stromstriche zugekehrte Ende der Stange den Boden, während das andere Ende in der Höhe des Dammes liegt.

Das Detail der Befestigung der Stange mit den Pfählen kann aus Fig. 143 entnommen werden.

In Gegenden, wo Stangen nicht erhältlich sind, vertritt dieselben der Draht, Figg. 141 und 142.

Auf diese vorbeschriebene Weise werden auch Buhnen hergestellt, deren Länge von der Breite der Schotterbänke, die das zu regulierende Gerinne ausfüllen, abhängig ist.

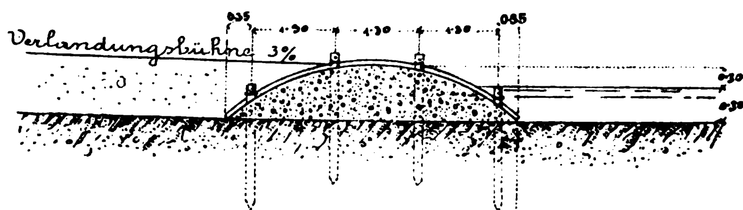


Fig. 139.

Erfolgt eine Unterwaschung des Parallelwerkes oder der Buhne, so werden die Randpfähle in den Boden tiefer eingeschlagen, wodurch das Nachsitzen des ganzen Dammes erzielt wird.

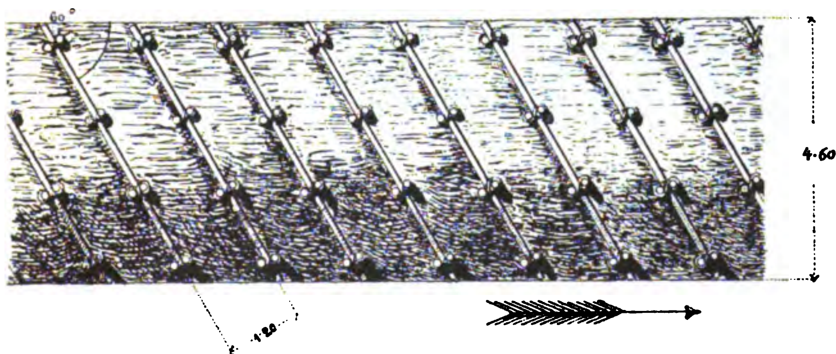


Fig. 140.

Die Erfahrung lehrt, dass sich die Pfähle nur in den ersten zwei Jahren nach Ausführung des Parallelwerkes nachschlagen lassen. In den weiteren Jahren zersplittern beim Nachschlagen ihre Köpfe. Um sich dennoch vor etwaigen Unterwaschungen zu schützen, ist es empfehlenswert, an den konkaven Seiten der Uferwerken hinter den Randpfählen zwei je 30 cm starke Faschinenwürste in den Boden einzulassen. Erfolgt die Sicherung der Bachsohle vor Tieferlegung mittelst Grundschwellen, so kann das Einlegen der Faschinenwürste entfallen. Bei der Regulierung

größerer Bäche werden an den konkaven Seiten starker Krümmungen längs der Parallelwerke kleine, 2 bis 3 m lange und 5

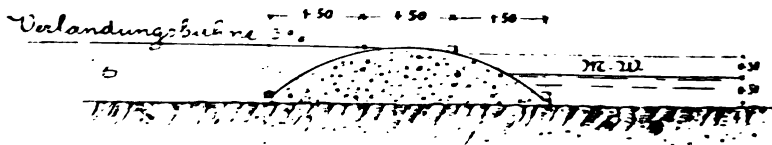


Fig. 141.

bis 6 m von einander entfernt stehende Sporne gebaut, wodurch der Stromstrich mehr in der Mitte der Regulierung gehalten wird.

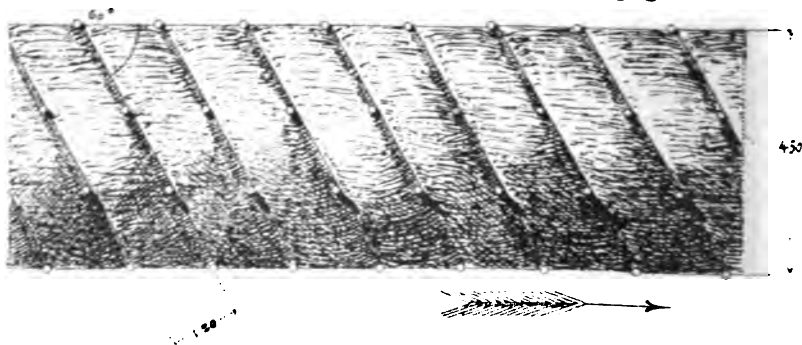


Fig. 142.

Wenn nach der Ausführung der Seeling'schen Parallelwerke oder Verlandungsbuhnen Hochwässer eintreten, so füllen sich die zwischen dem Reisig befindlichen Räume mit Schlamm und Sand dicht aus und es entsteht auf diese Weise ein zusammenhängender, fester Damm. Da dieser günstige Fall jedoch nicht immer eintritt und um die frisch ausgeführten Dämme vor Austrocknung zu bewahren, sollen sie unter allen Umständen mit Erde bedeckt werden.

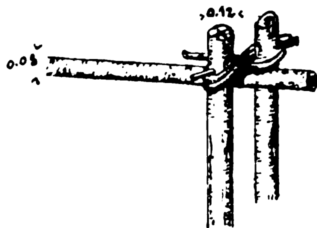


Fig. 143.

Es ist von großem Vorteil, wenn für die oberste, etwa 30 cm starke Reisigschichte ausschlagfähiges Material verwendet wird.

Selbstverständlich muss eine solche Schichte im Frühjahre oder im Herbste gelegt werden. Nichtsdestoweniger tritt zumeist die Notwendigkeit ein, die Parallelwerke und die Verlandungsbuhnen im Spätherbste und im Frühjahr mit Weidenstecklingen dicht zu bestecken.

Als Vorteile der Seeling'schen Bauweise wären hervorzuheben: Die Uferdämme sind, wenn sie sich entsprechend bewurzelt haben, sehr fest und dauerhaft. Durch das Einlegen des Reisigs zwischen die Pfähle verbinden sich die Aeste derart, dass das Durchreißen derselben durch die Hochwasser nicht leicht möglich ist. Die durch fruchtbaren Schlamm und durch Sand ausgefüllten Räume zwischen den Aesten begünstigen im hohen Grade das rasche Fortkommen der Weidenstecklinge, welche bedeutend üppiger wachsen als beispielsweise in den gewöhnlichen Flechtzäunen oder in den Faschinenwürsten. Für die Herstellung der Seeling'schen Parallelwerke und Buhnen können Materialien verwendet werden, welche für andere Bauherstellungen nicht verwertbar sind, wie beispielsweise Wachholderreisig, aus welchem im Dniestergebiete in Galizien, Buhnen in der Länge von zusammen einigen Kilometern hergestellt wurden.

Durch die zweckmäßige Anordnung der Pfähle kann endlich dem Parallelwerke und den Verlandungsbuhnen eine beliebige Profilsform gegeben werden, von welcher sich jedoch die in den Figg. 139 und 141 ersichtliche als die bisher zweckmäßigste erwies.

Als Nachteile der Bauweise wären anzuführen: Der größte Nachteil liegt darin, dass bei ihrer Anwendung eine verhältnismäßig sehr große Menge von Faschinenmaterial benötigt wird. Sie ist daher in waldarmen Gegenden, ferner in Gegenden wo es an Durchforstungsholz fehlt oder wo solches nicht erhältlich ist, unausführbar und ebenso unausführbar in den Bächen mit grobem Gerölle, weil es nicht leicht möglich ist, die Pfähle bis zur gewünschten Tiefe einzutreiben.

Am besten eignet sich die Bauweise für die Versicherung der Ufer von Bächen mit geringem, höchstens 1 bis 2 Proz. betragendem Gefälle, welche entweder Sand oder feines Geschiebe führen. Selbstverständlich setzt eine solche Versicherung die sorgfältige Verbauung des Quellgebietes voraus. In Bächen, welche grobes oder scharfkantiges Geschiebe führen, ist die Erhaltung der Parallelwerke nicht möglich, weil durch den Anprall größerer Geschiebs-

massen nicht nur die Kulturen auf den Dämmen, sondern auch das Faschinenreisig beschädigt werden.

Die Bauweise kann ferner nur in solchen Bächen mit Vorteil angewendet werden, welche stetig Wasser führen. In Bächen, welche im Sommer gänzlich austrocknen, lässt sich dieselbe nicht anwenden, weil dann die für das Fortkommen der Kulturen in den Dämmen erforderliche Feuchtigkeit fehlt. Im Dienste der Wildbachverbauung ist die Bauweise nach Seeling bisher bei einigen Bächen Galiziens mit Vorteil angewendet worden.[271], [272])

In neuerer Zeit wird auch versucht, Uferschutzbauten ganz oder theilweise aus Metall herzustellen.

Nach Doell[273]) wären zur Herstellung von Leitwerken, aber auch zu Buhnen sowie zu Grundschwellen, Gitter-Werke zu verwenden, bestehend aus Eisenrahmen und dazwischen befindlichem Drahtgeflechte.

Lernet[274]) empfiehlt Spreitlagen, die mit Eisenschienen in Verbindung gebracht sind, allerdings vornehmlich für Sohlensicherungen und Fundierungen.

Nach Rabitz[275]) ist die Böschung mit einem metallenen Tragrost zu belegen, über welchem sich ein Netz von 6 bis 8 mm starken Walzstäben ausbreitet. Das ganze so gebildete Eisennetz wird durch eine starke Betonhülle gegen Rosten geschützt.

Das in der Zeitschrift „Le génie civil"[276]) empfohlene, seit mehreren Jahren in Italien angewendete Verfahren nach M. Villa besteht in der Bedeckung des Ufers mit einem beweglichen, sich jedem Ufer anschmiegenden, aus einzelnen, mit einander beweglich verbundenen Eisendrahtnetzen zusammengesetzten Deckwerke.

---

271) „Ueber die Regulierung von Gebirgswässern"; von Ferdinand Wang. Monatsschrift für den öffentlichen Baudienst. Heft 5, 1898.

272) „Ueber die Regulierung von Gebirgswässern"; von demselben. Oesterr. Forst- u. Jagdzeitung. Nr. 10, Jahrgang 1899.

273) „Die Regulierung geschiebeführender Wasserläufe, insbesondere des Oberrheins durch eiserne Leitwerke, Grundschwellen und Buhnen"; von Albert Doell. Leipzig 1896.

274) „Bewegliche Uferschutzbauten und Sohlenversicherungen"; von A. Lernet. Wien 1901.

275) „Uferbefestigungen an Flüssen und Kanälen"; von H. Rabitz. Berlin 1901.

276) „Nouveau procédé pour la defense des rives, contre la corrosion des eaux"; „Le Génie civil" Nr. 26. Jahrgang 1897.

Eine besondere Art der Versicherung mit Hilfe von Metall ist jene nach Serrazanetti.[277–280] Im Juli 1901 fand über Auftrag des österr. Ackerbau-Ministeriums eine teilweise Bereisung jener in Italien gelegenen Gebiete statt, innerhalb welchen Uferschutzbauten, Wildbachverbauungen und verschiedene andere Wasserbauten nach dem Systeme Serrazanetti zur Ausführung gelangten.

Das Materiale, aus welchem sich die sogenannten „Apparate", „apparecchi", nach Serrazanetti zusammensetzen, besteht aus verzinktem Eisendraht. Nur in den höheren und steileren Lagen der Gebirgsbäche kann dieses Materiale vorteilhaft mit kleinen Pflöcken, Piloten, zu dem Zwecke in Verbindung gebracht werden, um das Reißen des Drahtes bei größerem Anpralle des Geschiebes wirksamer zu verhindern.

Das aus diesem Drahte geformte Netz wird in der verschiedensten Weise und zu verschiedenen Zwecken zur Anwendung gebracht.

Zunächst kann ein einfaches Drahtnetz, dessen Biegsamkeit durch entsprechende Herstellung, Fig. 144, thunlichst gewahrt wurde, allein schon hinreichenden Schutz bieten. Zur Verstärkung werden aber aus einem solchen Netze sogenannte Drahttuben, Fig. 145, hergestellt.

Die Stärke des Drahtes hängt von der Aufgabe ab, welche das Objekt zu erfüllen hat. Gewöhnlich steht Draht im Gebrauche, welcher im Handel sub Nr. 8—19 vorkommt, das ist von der Stärke von 1—12 Millimeter. Die Weite der Maschen und Länge der Tuben, sowie deren Querschnitt ist gleichfalls durch die beabsichtigte Verwendung gegeben. So wird für die Befestigung von Uferböschungen die Anbringung eines Drahtnetzes von 3—15 cm Maschenweite vorgeschlagen. Zum Schutze brüchiger Ufer und Dämme sollen Tuben von 25—50 cm Durchmesser dienen.

Bezüglich der Tubenapparate ist noch hinzufügen, dass die-

277) „Cenni Monografici sulla difesa dei fiumi, torrenti, canali, secondo il sistema e coi nuovi apparecchi ideati"; von Giulio Serrazanetti. Bologna 1899.

278) In französischer Uebersetzung: „Sur la défense des fleuves, torrents et canaux, selon les systèmes de Jules Serrazanetti". Bologna 1900.

279) „Le difese idrauliche"; von Guilio Serrazanetti. Bologna 1902.

280) „Lavori di difesa sul Santerno, esequiti col sistema Serrazanetti"; von Felix Orsini, „Le Strade", Nr. 4, Jahrgang 1900.

selben mittelst Drähten insolange durch die Arbeiter festgehalten werden, insolange ihre Füllung mit Schotter stattfindet. Ein Draht ist an einem Stamme oder an einem eingeschlagenen

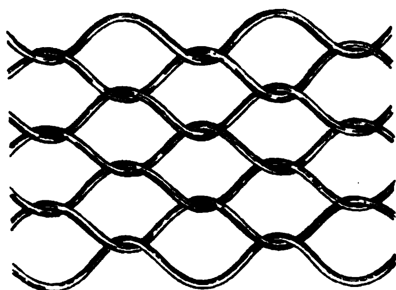


Fig. 144.

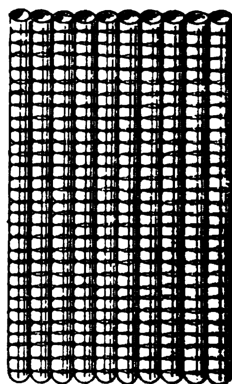


Fig. 145.

Pflocke befestigt und soll gegen die Gefahr des Abschwemmens des Apparates während der Arbeit sichern, muss aber lang genug sein, um die Handhabung mit den Tuben an Ort und Stelle nicht zu hindern. Mit Hilfe anderer Drähte werden die einzelnen Apparate, der seitlichen Ausdehnung des Baues nach, mit einander in Verbindung gebracht.



Fig. 146.



Fig. 147.



Fig. 148.



Fig. 149.

Die Apparate können aus im Querschnitt verschieden geformten Tuben gebildet werden, wie das die Figg. 146 bis 149 zeigen.

Erfordert die Höhe des Baues das Aufeinandersetzen von zwei oder mehreren solcher Apparate, so sind die einzelnen Tuben durch Drähte in Verbindung zu bringen, welche am unteren, durch ein Drahtnetz geschlossenen Tubenende befestigt sind und innen durch die Tube, also auch durch die Füllung laufen.

Der Zweck, welchen die so verschieden konstruierten Apparate haben können, ist im allgemeinen dreifacher Art:

Zum Uferschutzbaue, sei es in Form von Uferdeckwerken, Abbildung Nr. 84, Parallelwerken oder Buhnen.

Zur Schließung von Dammbrüchen.



Abbildung Nr. 84. Uferdeckwerk in einem Mühlkanal in Bologna.

Zur Verhinderung der kolkenden Wirkung des Wassers.

Im allgemeinen werden dem Systeme die leichte Anwendung, die Einfachheit der Konstruktion und der leichte Transport des Baumateriales nachgerühmt. Die Anbringung der Apparate soll selbst bei Hochwässern keine besondere Geschicklichkeit und nur etwas Erfahrung erheischen. Von besonderer Wichtigkeit soll es sein, dass keinerlei Vorbereitung, es wäre denn das Entfernen aller älteren, etwa vorhandenen Fundierungsarbeiten nötig fällt.

Ueber die Dauerhaftigkeit ist zu bemerken, dass bei den seit einem Dezennium bestehenden, mit Verwendung von dünnem Materiale hergestellten Schutzvorrichtungen, Apparaten, der ver-

zinkte Eisendraht beinahe unverändert geblieben ist. Für Schutzbauten, welche jedoch eine bedeutend längere Zeit Stand halten sollen, ist es notwendig, stärkere Drähte, als die gewöhnlich gebrauchten, zu verwenden.

Der Hauptvorzug des Systemes soll in dessen besonderer Beweglichkeit bei gleichzeitiger Festigkeit liegen. Die Apparate sollen oder vielmehr müssen sich so lange senken, bis die kolkende Wasserwirkung gleich Null geworden ist und bilden so das sicherste Fundament. Je nach der gewünschten Objektshöhe müssen sodann auf die versenkten Apparate neue aufgesetzt werden.

Gegenüber dem Steinbau sollen den Apparaten nach Serrazanetti als Vorzüge die Anwendbarkeit wo und wann immer, an jeder Stelle des Gewässers, besonders aber die Anwendbarkeit dort, wo es sonst an brauchbarem Materiale fehlt, dann die geringere Gefahr der Zerstörung des Baues und die besondere Bauökonomie zukommen.

Um in aller Kürze die Anlage nach ihrem dreifachen Zwecke zu besprechen, sei erwähnt, dass der gewöhnlichste Uferschutzbau nach Serrazanetti in der Bedeckung der Böschungen mit einfachen Drahtnetzen, Fig. 144, oder mit einem Tubenapparate, Fig. 145, besteht, welch' letzterer an Ort und Stelle bereit gehalten, in die entsprechende Lage gebracht und sodann mit dem in der Regel vorhandenen Schottermateriale gefüllt wird. Gegebenen Falles ist der Bau durch Aufsetzen neuer Tuben zu erhöhen.

Zu bemerken ist, dass das so gebildete Drahtnetz auch mit Cement verstrichen werden kann, wodurch der Bau an gefälligem Aussehen gewinnt und der Draht überdies auch vor Witterungseinflüssen besser geschützt bleibt.

Serrazanetti arbeitet zum Zwecke des Uferschutzes vielfach mit Buhnen, welchen er vornehmlich die drei folgenden Aufgaben zuschreibt:

Die falsche Richtung des Stromstriches zu bessern und ihn damit von den angegriffenen Ufern abzuhalten.

Die Geschwindigkeit des anströmenden Wassers zu brechen, um es so zu zwingen, das mitgeführte feinere und gröbere Geschiebe an ganz bestimmten Stellen abzusetzen, zu kolmieren.

Auf dem Wege der Kolmation die Ufereinrisse zu füllen und das Richtungsverhältnis des Flusslaufes zu verbessern, wenn das nicht auf andere, zweckdienlichere Weise thunlich sein sollte.

Hervorzuheben ist, dass Serrazanetti die Buhnen sehr offensiv, d. h. sehr gegen den Stromstrich gerichtet, anzulegen empfiehlt, was natürlich eine erhöhte Widerstandskraft im Hinblick auf die größere Gefahr der Kopfunterwaschung voraussetzt.

Nichtsdestoweniger konnte die Wahrnehmung gemacht werden und anwesende Ingenieure haben dies bestätigt, dass sich solche Buhnen unter den obwaltenden Verhältnissen, d. i. bei relativ geringem Gefälle und Führung nicht zu groben Schotters zur Besserung der Richtungsverhältnisse gut bewährt haben. Wo bei derartigen Buhnen Kopfunterwaschungen eintraten, waren sie nicht von Belang und wegen der Elastizität des Materiales nicht von nachteiligen Folgen begleitet.

Eine genauere Beschreibung einer solchen Anlage ist dem bezogenen Artikel der Zeitschrift „Le Strade"[280]) zu entnehmen.

Nach dem bezüglichen Berichte des Ingenieurs Felix Orsini ist es gelungen, mit Hilfe von nur zwei derartigen Buhnen den Lauf des „Santerno" wesentlich zu bessern und die anbrüchigen Ufer rasch der Verlandung zuzuführen.

Was die Schließung von Dammbrüchen und ähnliche Arbeiten anbelangt, so gibt hierüber die bezogene Abhandlung Serrazanettis[277]) genauen Aufschluss. Ueber das eigentliche Wesen einer solchen Arbeit, d. i. die Anhäufung von mit Gerölle gefüllten Tuben, ähnlich wie von Säcken, ist jede weitere Bemerkung überflüssig. Der große Vorteil liegt auch hier in der Möglichkeit rasch und wirksam eingreifen zu können, was auch während eines Hochwassers mit Leichtigkeit und Schnelligkeit geschehen kann, vorausgesetzt, dass man eine gewisse Uebung und Erfahrung in diesen Arbeiten bereits besitzt und über hiezu verwendbare Arbeitskräfte verfügt.

Von besonderem Interesse erscheint die Anwendung von mit Schotter gefüllten Drahtsäcken, Tuben, im Dienste der Wildbachverbauung zur Ausfüllung von Kolken, bezw. zur Verhinderung des Entstehens derselben. Diesbezüglich konnte beobachtet werden, dass die Wirkung des Baumittels die beste war und dass sich dasselbe bei den verschiedensten Objekten, als Grundschwellen, Wehren, Brückenpfeilern, Buhnen u. dgl. m. gut bewährt hat.

Die verhältnismäßig hohen Kosten der Beschaffung der Apparate, — Serrazanetti hat in den meisten Staaten das Patent erworben —, dürften der allgemeineren Anwendung des Systemes im Wege stehen. So sei erwähnt, dass 1 m² Drahtgeflecht, einschließ-

lich Patentgebühr, bei mittelstarkem Drahte und etwa 4 cm Maschenweite auf rund 4 Lire zu stehen kommt.

Nicht unbemerkt soll bleiben, dass Serrazanetti bei der Herstellung von Querwerken, Grundschwellen, den Gedanken verfolgt, den Absturz des Wassers über das Objekt, behufs thunlichster Vermeidung des Kolkens zu verhindern und zu diesem Zwecke in dem Inneren des Objektes, von der Krone bis zum Fuße reichend, einen Kanal von kreisrundem Querschnitt ausspart, durch welchen das Wasser schadlos auf das Vorfeld abfließen soll.

Eine derartige Herstellung kann im besten Falle wohl nur dort in Betracht gezogen werden, wo mit geringer Wasserführung und mit Transport von nur sehr feinem Geschiebe, Sande, zu rechnen ist.

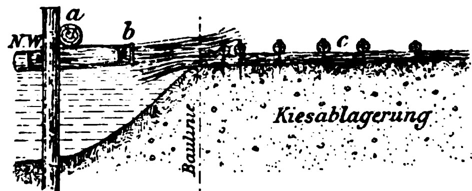


Fig. 150.

Ein System kann nicht unerwähnt bleiben, welches als Flussregulierungsmethode bei Gebirgsflüssen, so am Isar in Bayern, in Anwendung kam, d. i. das sogenannte Wolf'sche Gehänge. Der Hauptsache nach besteht dasselbe in folgendem:

Pfähle, Fig. 150, deren Durchmesser 20—25 cm beträgt, werden in der zur Regulierungstrace parallelen Richtung und von der künftigen Baulinie 3 m flusseinwärts vorgeschoben, gewöhnlich in Abständen von 2.5 m in den Flussgrund 3—5 m tief eingerammt. An diese Pfähle werden die aus einer einfachen Faschineneinlage angefertigten Gehänge mittelst einer, durch ihr stärkeres Ende durchgesteckten Holzstange, sowie mittelst Eisendraht befestigt und in der Regel auf Niederwasserhöhe erhalten. Bei neueren Bauten kommt noch eine Unterstange zu dem Zwecke vor, um das Sinken der Gehänge hintanzuhalten, falls deren Befestigung nachgeben sollte. Die Gehänge sind mit ihrem stärkeren Ende dem Flusse, beziehungsweise mit dem Bürstenende dem zu verlandenden Altwasser zugewendet.

Das Vorschieben der Pfahlreihe gegen den Fluss geschieht deshalb, weil sich erfahrungsgemäß hinter den Bauwerken die Anlandung mit einer derartigen natürlichen Böschung ausbildet, dass diese in der Entfernung von ca. 4 m von der Pfahlreihe schon die Niederwasserhöhe erreicht, so dass nach allfälligem Ausgleich der Böschung, deren endgiltige Festigung durch Versenkung und Inkrustierung der Gehänge erfolgen kann, was indessen bei dem Grundsatze, auf welchem diese Bauweise fußt, durchaus keine Eile hat.

An Flussstellen, wo besonders starke Wasserströmungen vorkommen, wird noch eine zweite Pfahlreihe hinter der eigentlichen eingerammt und werden beide durch Stangen, welche zur Stromrichtung schräg liegen, gegenseitig verankert. Diese Gehängebauten werden, — relativ zur Stromrichtung aufgefasst —, als Längs- und Schräggehänge angewendet. Die Quergehänge, welche ursprünglich gleichfalls in Anwendung waren, haben sich als solche nicht bewährt und wurden daher später grundsätzlich aufgegeben.

Der wesentliche Unterschied zwischen der Wirkung der in bisher üblicher Weise angewendeten Vollbauten und den Wolfschen Gehängsbauten besteht darin, dass, während im ersteren Falle das Geschiebe über die Werkskronen oder durch Verlandungsöffnungen wandern soll, bezw. dies oft nicht thun kann, es im zweiten Falle, bei zweckmäßiger Anordnung der Bauten und umsichtiger Ausnützung der jeweiligen Umstände, unter den Gehängen insolange wandern muss, bis die Altwässer oder Ueberbreiten auf Niederwasserhöhe oder auch darüber hinaus mit Schottermassen ausgefüllt sind. Die Gehänge schweben in Wirklichkeit zwar nur selten im Wasser, liegen vielmehr mit ihrem Bürstenende auf der zum Teile entstandenen Alluvion auf, wobei sie oft mit Schlick derart belastet sind, dass man sie nur durch Aushacken entfernen kann; dieser Umstand behindert jedoch keineswegs ihre Wirkung, indem unter, beziehungsweise zwischen ihnen für die Geschiebebeförderung noch immer genügende Oeffnungen verbleiben.[281])

Diese Art der Regulierung und Uferdeckung wurde zwar in eigentlichen Wildbächen noch nicht erprobt, doch kann sie, da sie sich in ausgesprochen wildbachartigen Gewässern mit größerem

281) „Mitteilungen über das Wesen und die Erfolge der vom kgl. Bayrischen Bauamtmanne A. Wolf erfundenen Flussregulierungsmethode“; von R. Iszkowski. Wochenschrift des österr. Ingenieur- und Architektenvereines, Nr. 8 und 9, 1888.

Gefälle und grober Geschiebeführung, mit Eisgängen, nicht bewährte, für den vorliegenden Zweck nicht empfohlen werden.

Unter gewissen, anderen Verhältnissen ist ihre Zweckdienlichkeit nicht zu bezweifeln.

Zum Schlusse sei noch kurz der Sporn- oder Buhnenbauten erwähnt, die zwar im Inneren der Wildbäche, wenigstens in jenen des Hochgebirges selten, im Thallaufe der Wildbäche der Berg- und



Abbildung Nr. 85. Uferversicherung mit Bambuskörben im Tamagawa, Japan.

Hügelländer aber, wie an anderer Stelle bereits betont, vorteilhaft in Anwendung kommen können.

Ihr Zweck kann ein dreifacher sein. Entweder bezweckt die Buhne als Schutzbuhne den Schutz eines anbrüchigen Ufers, oder sie verhindert als Treibbuhne die Ablagerung von Geschiebsmassen, oder sie vermittelt als Verlandungsbuhne die raschere Vollziehung der Verlandung.

Die aufwärts gerichteten Buhnen, die Offensivbuhnen, sind die wirksamsten in Bezug auf Verlandung, die senkrecht zum Stromstrich gerichteten haben die kürzeste Länge, die abwärts

gerichteten leiten den Stromstrich am regelmäßigsten ab, sind aber in Bezug auf Verlandung, Kolmation, wenig wirkungsvoll. Die Höhe der Verlandungsbuhnen soll am besten zwischen dem Mittel- bezw. Normal- und Hochwasserstande liegen, deshalb ihre Krone besonders gut versichert sein muss. Der Kopf, d. h. der gegen den Stromstrich gerichtete Buhnenteil ist vor Auskolkung besonders zu schützen.

Die Art der Herstellung der Buhnen ähnelt jener der Uferschutzbauten, über ihre Wirkung gibt teilweise die in der Fußnote[282]) angegebene Arbeit theoretischen Aufschluss.

Eine besondere Buhnenart wären die Seite 345 ewähnten Spornbauten nach Demontzey. Uferschutzbauten in Buhnenform, wie sie in Japan mit Hilfe von Bambuskörben zur Herstellung gelangen, sind der Abbildung Nr. 85 zu entnehmen.

Die Entwässerungsanlagen.

Insoweit es erforderlich ist, die bezüglichen Ausführungen des V. Abschnittes zu ergänzen, wäre zu bemerken:

Entwässerungsgräben mit Steinfüllung können nach den Figg. 151, 152 und 153 zur Herstellung gelangen.

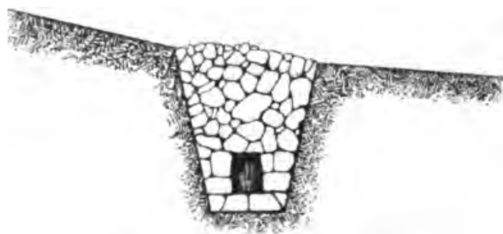


Fig. 151.

Bruchsteine sind zur Füllung besser als Findlinge zu verwenden, weil erstere mehr Ecken haben und dem Durchflusse des Wassers eine größere Zahl von Zwischenräumen bieten. Vor der Verwendung sind alle Steine von der allenfalls anhaftenden Erde zu befreien.

Die Sohle des Entwässerungsgrabens, die sich stets unter der

282) „Beitrag zur Kenntnis der Wirbelbewegung"; von R. Hartmann. Zeitschrift für Gewässerkunde, 2. Heft. 1902.

Sickerschichte befinden soll, wird oft nach Fig. 35, Seite 185, stufenförmig ausgebaut. Die Länge des Grabens richtet sich nach den Terrainverhältnissen und der Aufgabe der Entwässerung.

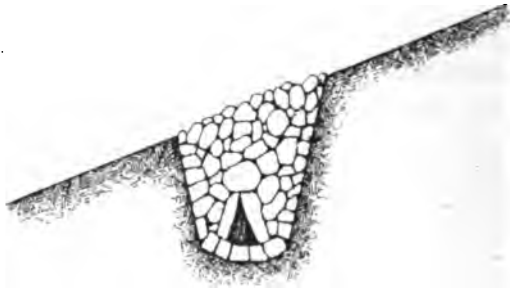


Fig. 152.



Fig. 153.

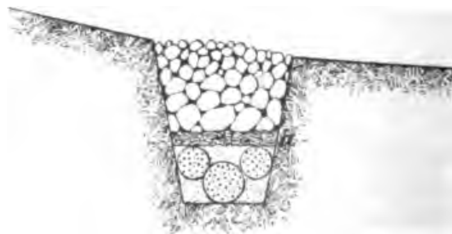


Fig. 154.

Gräben mit Holz, oder mit Faschinen, Reisig gefüllt, sind den Figg. 154, 155 und 156 zu entnehmen. Die Schichte *a*, in den Figg. 154 und 155, die auch bei Steinfüllung in Anwendung

kommen kann, ist eine Lage von Moos oder von Fichtennadeln, geeignet, das Verschlemmen des Schlitzes zu verhindern.

Demontzey [14]) unterscheidet, wie schon an anderer Stelle erwähnt, zwei Arten von Entwässerungsgräben, die in den Figg. 157 und 158 zu sehen sind.

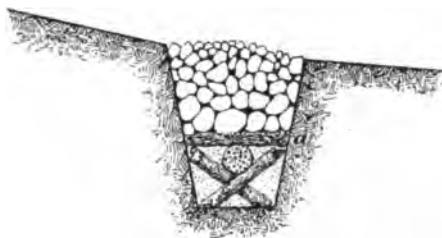


Fig. 155.

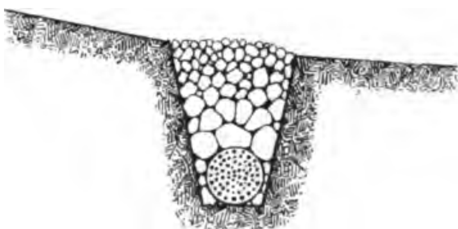


Fig. 156.

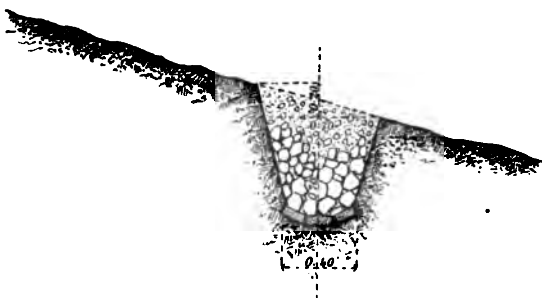


Fig. 157.

Bei einigen Entwässerungsanlagen in der Schweiz so z. B. an der Gürbe, Abbildung Nr. 65, Seite 171, ist die Sohle des Entwässerungsgrabens mit Buschwerk belegt, welches durch Querhölzer niedergehalten wird; die Seiten werden durch Flechtzäune geschützt,

Um an Abtrag zu ersparen, werden die Entwässerungsgräben in ihren Seitenwandungen so vertikal als nur möglich ausgeworfen. Man wird sich hiebei eventuell der Stützen- und Pölzhölzer analog denjenigen bedienen, die bei gewöhnlichen Erdarbeiten angewendet werden. Sie sind dann allmählich wieder zu entfernen und der durch sie freigebliebene Raum ist mit Schotter auszufüllen.

Das Profil des eigentlichen Durchlasses, wo ein solcher in der Füllung ausgespart bleibt, braucht im allgemeinen nicht mehr als etwa 0.2 m Seitenlänge zu haben, sein Ausmaß richtet sich natürlich nach der zu erwartenden Sickerwassermenge. Die Steine der

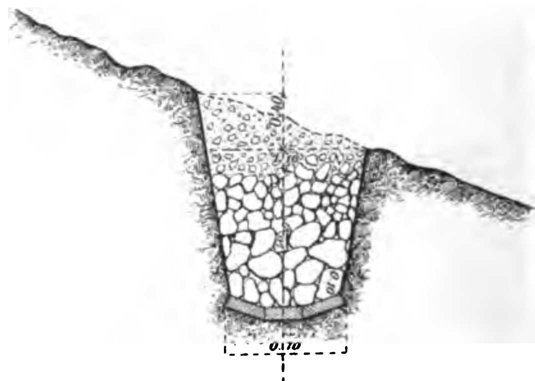


Fig. 158.

Füllung sollen nicht bunt in den Graben geworfen, vielmehr soll eine Art einfache Schichtung ausgeführt werden, indem die Steine vorsichtig mit der Hand zu ordnen sind. Dadurch wird die Steinfüllung gleichzeitig geeignet sein, die allenfalls lockeren Seitenwandungen des Grabens besser zu halten.

Das in den Entwässerungsgräben aufgefangene Wasser wird vielfach in Schalen, Cunetten, geleitet. Hinsichtlich der Herstellung dieser wäre zu bemerken: Wo geringes Gefälle, daher die Auskolkung am unteren Ende des Baues nicht sehr zu befürchten. wird es sich empfehlen, mit der Herstellung der Cunette oben zu beginnen, um sie vor eintretenden Murgängen besser zu bewahren. Bei stärkerem Gefälle aber, wo die Mauerung von oben nach unten schwierig, und wo die Gefahr der Auskolkung in erhöhtem Maße vorhanden, ist von unten nach oben zu bauen. Die Steine

sind auf die hohe Kante zu setzen und in der Abflusssektion derart einzubauen, dass dort keine Stoßfuge entsteht. In diese Sektion und an die beiden Ränder sind die größten Steine zu legen. Cunetten, welche sich an eingerammte Pfähle stützen, d, h. im

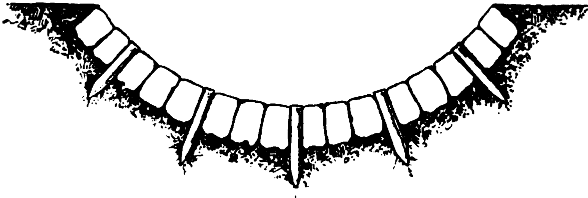


Fig. 159.

Querschnitte etwa nach Fig. 159 gebildet sind, sind besonders widerstandsfähig und werden als Pfahlcunetten bezeichnet.

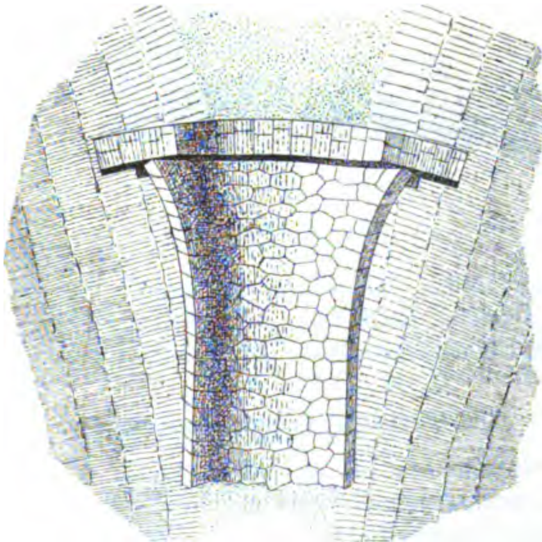


Fig. 160.

An den concaven Seiten der Krümmungen sind die Schalen höher zu halten. Die Mauerung ist zumeist trocken, doch empfiehlt es sich, bei Gefahr stärkerer Abnützung im Falle starken Gefälles, starker Wasser- und Geschiebeführung, einzelne Streifen,

der Schale, Gurten, stärker auszumauern oder in Cement zu legen. In starkem Gefälle müssen zur Stütze der vielleicht selbst zur Gänze in Cement gelegten Cunette Grundschwellen, Figg. 160, 161 und 162 eingezogen werden. Ein derartig gestütztes Objekt kann

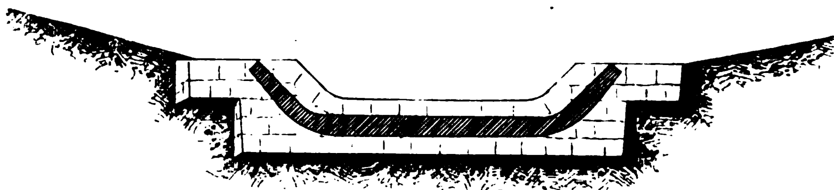


Fig. 161.

im Längenprofil auch eine Staffelform zeigen, wenn das Gefälle ein sehr bedeutendes sein sollte.

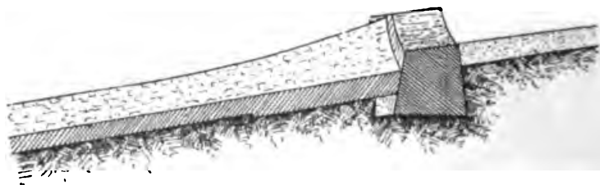


Fig. 162.

In jenen Fällen, in welchen unterhalb der durch Grundschwellen gestützten Schale ein Entwässerungsgraben läuft, muss für den Ablauf der Sickerwässer durch die Schwelle gesorgt sein.*)

Die Herstellung geschlossener Gerinne.

Es wurde schon im IV. Abschnitte darauf verwiesen, dass die Schaffung geschlossener Gerinne in den Wildbächen im Hinblick auf die große Veränderlichkeit in der Wasser- und Geschiebeführung Schwierigkeiten begegnet. Die folgenden Ausführungen sollen den Zweck haben, diesbezüglich ein orientierendes Gerippe zu bieten.

*) Entwässerungsanlagen sind zu entnehmen den Abbildungen: Nr. 65. Seite 171, Nr. 66, Seite 172, Nr. 67, Seite 173, Nr. 68, Seite 175, Nr. 69, Seite 176, Nr. 70, Seite 177.

Die Bestimmung der Abflussmengen.

Im allgemeinen können der Beurteilung über die Größe der Niederschläge entweder mittlere Durchschnittszahlen, die jährliche mittlere Regenmenge oder aber die beobachteten größten Niederschläge und deren Dauer zu Grunde gelegt werden. Wie schwankend diese letzteren sein können, geht aus den Ausführungen des III. Abschnittes, I. Teil, hervor.

Selbstverständlich kann die angenommene, oder durch Beobachtung ermittelte Regenmenge für die Beurteilung der Masse des abfließenden Wassers allein nicht maßgebend sein, denn diese wird einerseits durch Verdunstung und anderseits durch Aufsaugung mehr oder minder, wie das im II. Abschnitte, I. Teil, dargelegt erscheint, beeinflusst.

Auf Grund der gemachten Erfahrungen kann für Oesterreich, wenn die Gewässer größere Ausdehnung besitzen, in gut kultivierten und bewaldeten Gegenden pro Quadratkilometer Niederschlagsgebiet und pro Sekunde folgende Abflussmenge angenommen werden:

0·9 bis 1·4 m^3 in ebenen Lagen,
2·0 „ 2·5 m^3 in hügeligen Lagen,
4·0 „ 5·0 m^3 im Mittelgebirge,
5·5 „ 8·5 m^3 im Hochgebirge.

Diese Zahlen sind um 30 bis 50 Proz. zu erhöhen, wenn wenig bewaldeter und undurchlässiger Boden in Frage kommt. Allerdings sind diese Ziffern nicht unbedingt verlässlich und es wird in vielen Fällen zur Bestimmung der abfließenden Wassermassen aus gemessenen Niederschlagsmengen geschritten werden müssen.

Ist M die jährliche Niederschlagsmenge in m^3, so ist

11) $$M = X \times 1000 \times 1000 \times m$$

und es bedeuten X die Größe des Niederschlagsgebietes in Quadratkilometern und m die jährliche Regenhöhe in Metern.

Die sekundliche Abflussmenge Q in Kubikmetern ergibt sich dann aus der Formel:

12) $$Q = \frac{M}{365 \times 24 \times 60 \times 60}$$

Dieselbe ist nach dem angenommenen Abfluss-Koeffizienten richtig zu stellen.

Für die sekundliche Höchstabflussmenge stellte Iszkowsky[283]) die folgende Formel auf:

13) $$Q = C_h \cdot m \cdot h \cdot F.$$

In dieser Formel ist C_h ein nach Bodenkategorien veränderlicher Hochwasserabfluss-Koeffizient, dessen Größe

	für die Niederung	von 0.030	bis 0.055,
	„ das Hügelland	„ 0.035	„ 0.125,
	„ „ Mittelgebirge	„ 0.040	„ 0.550
und	„ „ Hochgebirge	„ 0.060	„ 0.800

schwankt.

m ist nach Bezeichnung Iszkowskys ein kombinierter Reduktionskoeffizient, schwankend je nach der in Quadratkilometern ausgedrückten Fläche F des Niederschlagsgebietes, und zwar ist

für $F = 1$, $m = 10$,
„ $F = 100$, $m = 7.4$,
„ $F = 500$, $m = 5.9$,
„ $F = 1000$, $m = 4.515$.

h ist die in Metern ausgedrückte jährliche Regenhöhe des in Betracht gezogenen Gebietes.

Nach Kresnik[284]) ist die in Kubikmetern ausgedrückte sogenannte sekundliche spezifische Hochwassermenge W pro 1 Quadratkilometer Niederschlagsgebiet:

14) $$W = \frac{25}{\sqrt{A}},$$

wobei A die Größe des Niederschlagsgebietes in Quadratkilometern darstellt.

Die totale, abfließende Wassermenge in Kubikmetern, Q, ist dann:

15) $$Q = A \cdot W.$$

---

283) „Beitrag zur Ermittelung der Niedrigst-, Normal- und Höchstwassermengen, auf Grund charakteristischer Merkmale der Flussgebiete"; von R. Iszkowsky. Wien 1886.

284) „Allgemeine Berechnung der Wasser-, Profils- und Gefällsverhältnisse für Flüsse und Kanäle"; von Dr. P. Kresnik. Wien 1886.

Kresnik berechnet weiter die gänzliche Hochwasserabflussmenge in Kubikmetern pro Sekunde mit Hilfe der Maximalhöhe h in Metern eines einzelnen Regentages und zwar aus der Formel:

16) $$Q = F_{ab} \times \frac{h}{T}.$$

F_{ab} ist ein zwischen zwei Punkten a und b des Rinnsales liegender Teil des ganzen Regengebietes. T ist die Differenz in Sekunden zwischen den Zeiten T_a und T_b, welche für den Abfluss der Niederschläge von a, beziehungsweise von b bis zu einem Punkte c der Beobachtung nötig sind.

Regnet es über das ganze Niederschlagsgebiet, wie dies bei kleineren Gewässern oft der Fall ist, so wird $F_{ab} = A$ und

17) $$Q = A \cdot \frac{h}{T}.$$

Im Hinblicke auf die Verschiedenheit der Lage des Sammelgebiets hat Possenti[285]) für die totale sekundliche Hochwassermenge Q in Kubikmetern die folgende Formel aufgestellt:

18) $$Q = k \frac{h}{l} \cdot \left(a + \frac{b}{3}\right),$$

worin bedeuten:

- a die Fläche des Niederschlagsgebietes im Gebirge in Quadratkilometern.
- b die Fläche des Niederschlagsgebietes in der Ebene in Quadratkilometern.
- h die größte Regenhöhe in 24 Stunden in Metern.
- l die Länge des betreffenden Flusslaufes in Kilometern.
- k einen konstanten Koeffizienten, welcher von Possenti auf 700 berechnet wurde.

Wie sehr die durch Regenbeobachtungen und auf andere Weise gewonnenen Resultate über Wasserabfluss schwanken können, geht aus einer Schrift Steiners[286]) hervor, nach welcher sich bei verschiedener Berechnung des Wasserabflusses im Polzen-Flusse bei Böhmisch-Leipa pro Sekunde 230.2 bis 1368.4 m³ ergaben.

285) „Sul compimento delle opere di bonificazione etc. nelle Maremme Toscane"; von A. Baccarini.

286) „Die Regulierung des Polzenflusses im Weichbilde von Böhm. Leipa; von Friedrich Steiner. Prag 1891.

Dieses Beispiel zeigt, dass dort, wo nur halbwegs thunlich, behufs Ermittelung der Wasserabflussmengen zur direkten Messung geschritten werden soll. Unter den in dieser Richtung in Betracht zu ziehenden Methoden können die Messung mittelst Einsetzen eines Staubrettes als vollkommener oder unvollkommener Ueberfall und die Messung mittelst Einsetzen eines Staubrettes, wobei das aus einer Oeffnung ausströmende Wasser im freien Abflusse verhindert ist oder nicht, genannt werden. Kleinere Abflussmengen wären auch durch Auffangen des Wassers in Gefäße von bekanntem Inhalte messbar, doch wird auch diese Methode, sowie die vorangeführten, in Wildbächen von keiner praktischen Bedeutung sein.

Eine der verlässlichsten Methoden ist die Bestimmung der Abflussmengen aus geschlossenen, d. i. aus solchen Profilen, bei welchen zuversichtlich während eines längeren Zeitraumes keine Formveränderung eingetreten ist.

Durch Ermittelung des höchsten Wasserstandes an den Wandungen des Profiles und Aufnahme des Sohlengefälles, ist es möglich, die mittlere Wassergeschwindigkeit im Profile festzusetzen.

Auch kann die mittlere Geschwindigkeit aus der Oberflächengeschwindigkeit und diese letztere mit Hilfe eines Schwimmers auf bekannte Weise ermittelt werden. Aus dem Produkte aus mittlerer Geschwindigkeit und benetzter Fläche ergibt sich sodann die sekundliche Wasserabflussmenge. Bei Ermittelung dieser aus einem geschlossenen Profile hat man übrigens darauf zu achten, dass nicht eine etwa schon oberhalb des Profiles in das Gelände austretende Wassermenge außer Rechnung bleibt.

Auch ist auf außerordentliche Fälle Rücksicht zu nehmen und daher der vollen Sicherheit wegen mit größeren, als mit den ermittelten Abflussmengen zu rechnen. Die Bestimmung des Abflusses aus geschlossenen Profilen hat übrigens auch noch den Vorteil für sich, dass mit größerer Wahrscheinlichkeit die volle Abflussmenge, Wasser und Geschiebe, in Rechnung kommt, was bei der Bestimmung aus Niederschlägen nicht zutrifft.

Die Bestimmung der mittleren Wassergeschwindigkeit.

Einen sehr wichtigen Faktor bei Bestimmung der Wasserabflussmengen aus geschlossenen Profilen und bei Festsetzung der Durchflussprofile überhaupt, bildet die mittlere Wassergeschwindigkeit. Es kann nicht beabsichtigt sein, auf die reichhaltige

diesbezügliche Theorie der Bewegung des Wassers einzugehen, und es muss genügen, auf die diesen Gegenstand und auch die die Bestimmung von Querprofilen betreffende, reiche Literatur[287—304]) zu verweisen, ohne dabei nur halbwegs Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

Außerdem ist, was namentlich Wildbäche anbelangt, auf das bereits mehrfach bezogene Werk von Thiéry[29]) und die bezogenen Abhandlungen Pestalozzis[51], [181]) zu verweisen. Um jedoch das für Zwecke der Wildbachverbauung Nötigste herauszugreifen, sei folgendes hervorgehoben: Die zuerst (1753) im Prinzipe von Brahms herrührende, von Chézy (1755) aufgestellte allgemeine, die gleich-

---

287) „Die neuen Formeln über die Bewegung des Wassers in Kanälen und regelmäßigen Flussstrecken"; von W. R. Kutter. Wien 1877.

288) „Ueber die Bewegung des Wassers in natürlichen Wasserläufen"; von Wilhelm Plenkner. Leipzig 1879.

289) „Der Wasserbau"; von L. Franzius und Ed. Sonne. Handbuch der Ingenieurwissenschaften, III. Band. 1. Abteilung, Leipzig 1883. Mit reicher Autorenangabe.

290) „Handbuch des landwirtschaftlichen Wasserbaues", von Dr. Emil Perels. Berlin 1884.

291) „Graphische Berechnung der Profildimensionen wasserführender Gräben auf Grundlage der Geschwindigkeitsformel von Darcy und Bazin"; von J. Lhota. Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architektenvereines, II. Hft. Wien 1884.

292) „Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen"; von W. R. Kutter. Berlin 1885.

293) „Hydrodynamik"; von Gustav K. v. Wex. Leipzig 1888.

294) „Die Ermittelung der Durchflussprofile mit besonderer Berücksichtigung der Gebirgs- und Wildbäche"; von Ludwig Tiefenbacher. Wien 1888.

295) „Hydrologische Tafel zum raschen Ablesen aller bei den Wassermengen-, Geschwindigkeits-, Gefälls- und Querprofilsberechnungen für Flüsse und Kanäle zu suchenden Größen"; von Dr. P. Kresnik. Wien 1892.

296) „Ueber die Bewegung des Wassers in gestaffelten Gerinnen"; von August Armani. Königl. Weinberge 1895.

297) „Untersuchung über die Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen"; von Mau. Berlin 1890.

298) „Zur Dynamik des Flussbettes"; von Crino Crugnola. Zeitschrift für Gewässerkunde. IV. Band.

299) „Studie über eine neue Formel zur Ermittelung der Geschwindigkeit des Wassers in Flüssen und Strömen"; von Richard Siedek. Wien 1901.

300) „Die natürlichen Normalprofile der fließenden Gewässer"; von Richard Siedek. Wien 1902.

förmige Bewegung des Wassers zur Grundlage habende Geschwindigkeitsformel lautet bekanntlich

19) $$v = c\sqrt{RJ}$$

Es geht aus dieser Formel hervor, dass die mittlere Geschwindigkeit mit dem relativen Gefälle J zu =, mit der Zunahme des benetzten Umfanges aber abnimmt, denn der hydraulische Radius R ist $= \frac{F}{C}$, worin F die benetzte Fläche und C den benetzten Umfang bedeuten. Eytelwein hat den Koeffizienten c, den sogenannten Geschwindigkeitscoefficienten mit 50.9 bestimmt. Auf die Coulomb'schen Untersuchungen sich gründend und von de Prony aufgestellt, lautet die Geschwindigkeitsformel:

20) $$av + bv^2 = R.J.$$

Wird in dieser Formel der im Verhältnisse zu b sehr kleine Coefficient a vernachlässigt, so nimmt der Ausdruck die Form an

$$R.J = bv^2$$

und

21) $$v = \sqrt{\frac{1}{b}} \cdot \sqrt{RJ},$$

ein dem Eytelwein'schen ähnlicher Ausdruck.

Nach den Untersuchungen von Bazin über die Größe $\frac{RJ}{v^2}$, also über den Wert der Größe b in Formel 21, stellte es sich heraus, dass derselbe sowohl von der Größe des hydraulischen Radius R, als auch von dem Rauhigkeitsgrade des benetzten Umfanges abhängig ist. Bazin unterschied vier Kategorien der Gerinne, und zwar:

1. Sehr glatte Kanalwände (geglätteter Cement, sorgfältig gehobelte Holzwände und Sohle);

---

301) „Calcolo grafico della nuova formola del Bazin"; von Eutichio Bonaventura. Giornale del genio civile. September-Oktober 1901.

302) „Die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in natürlichen Gewässern"; von Karl Hessle. Zeitschrift für Gewässerkunde, Heft 1, 1899.

303) Siedek's neue Geschwindigkeitsformel"; von H. Gravelius. Zeitschrift für Gewässerkunde. 3. Heft, 1901.

304) „Mémoire sur la forme des cours d'eau a fond mobile"; von Georges Poisson. Annales des Ponts et Chaussées. 1902.

2. glatte Kanalwände (Hausteine, Backsteine, Bretter);
3. weniger glatte Kanalwände (Bruchsteinmauerwerk),
4. Wände und Sohle in Erde.

Die dem Ausdrucke $\frac{R \cdot J}{v^2}$ entsprechenden Werte sind:

$$\text{ad 1.} \quad \frac{R \cdot J}{v^2} = 0.00015 \left(1 + \frac{0.03}{R}\right)$$

$$\text{ad 2.} \quad „ \quad = 0.000195 \left(1 + \frac{0.077}{R}\right)$$

$$\text{ad 3.} \quad „ \quad = 0.00024 \left(1 + \frac{0.25}{R}\right)$$

$$\text{ad 4.} \quad „ \quad = 0.00028 \left(1 + \frac{1.25}{R}\right)$$

Ganz allgemein lässt sich die Bazin'sche Formel in den Ausdruck kleiden:

$$22) \qquad v = \sqrt{\frac{1}{\alpha + \frac{\beta}{R}}} \cdot \sqrt{R \cdot J \cdot},$$

wobei z. B. ad 1, $\alpha = 0.00015$ und $\beta = 0.00015 . 0.03$ zu setzen wären. Die Formel kann übrigens durch den Ausdruck

$$23) \qquad v = R \sqrt{\frac{J}{\alpha R + \beta}}$$

ersetzt werden.

Ganguillet und Kutter haben den obigen vier Kategorien noch eine fünfte, „Gewässer mit Geschiebe", beigefügt und für α und β die Werte $\alpha = 0.00040$ und $\beta = 0.00070$ aufgestellt. Die obige Bazin'sche Formel mit den soeben angegebenen Werten der Koeffizienten α und β wird nach den bisherigen Erfahrungen in Wildbächen vorteilhaft angewendet.

Uebrigens haben Ganguillet und Kutter für den Geschwindigkeitscoefficienten, d. i. also für den Ausdruck

$$c = \sqrt{\frac{1}{\alpha + \frac{\beta}{R}}}$$

noch den folgenden, für alle Gewässer mit kleinerem oder größerem

Gefälle, und mit geringeren oder ausgedehnteren Profilen geltenden Wert aufgestellt.

$$24)\qquad c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

wobei für verschieden beschaffene Gerinne die folgenden mittleren Werte anzunehmen wären:

Tafel Nr. 4.

Rauheitsgrad des benetzten Umfanges.	n	$\frac{1}{n}$
Glatter Cement und sorgfältig behobeltes Holz	0.010	100.00
Bretter, gut gefügt	0.012	83.33
Quader- und besseres Mauerwerk	0.017	58.82
Erde (Bäche und Flüsse), ohne oder mit kleinem Geschiebe	0.025	40.00
Erde mit gröberem Geschiebe und Wasserpflanzen	0.035	28.57

Setzt man weiteres

$$23 + \frac{1}{n} + \frac{0.0155}{J} = p \text{ und } \left(23 + \frac{0.00155}{J}\right) n = q,$$

$$25)\qquad \text{so wird } c = \frac{p}{1 + \frac{q}{\sqrt{R}}} \text{ und}$$

$$26)\qquad v = \frac{p\sqrt{R}}{q + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{RJ}.$$

Bazin veröffentlichte in den „Annales des Ponts et Chaussées“. 1897, eine Studie, in welcher auf Grund zahlreicher Beobachtungen eine neue Formel für die mittlere Geschwindigkeit des Wassers aufgestellt wird. Diese neue Formel lautet:

27) $$v = \frac{87\sqrt{R.J}}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

worin R und J die bekannten Größen, γ dagegen einen von der Beschaffenheit der betreffenden Wandungen des Gerinnes abhängigen Rauhigkeitscoefficienten bedeuten. Inwieweit diese Formel insbesondere in geschiebeführenden Flüssen gute Dienste liefern wird, muss die Erfahrung. lehren. Näheres hierüber ist auch in der „Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines", Nr. 30 und Nr. 36 vom Jahre 1898 zu lesen.

Weiter wird auf eine neue Geschwindigkeitsformel von Richard Siedek [299]) verwiesen, über deren Anwendung für kleine geschiebführende Wasserläufe noch keine Erfahrungen vorliegen, die aber sonst in Fachkreisen sehr günstig beurteilt wird.

Wenn auch nicht zu bezweifeln ist, dass alle angeführten und alle überhaupt für die Berechnung der mittleren Geschwindigkeit aufgestellten Formeln von dem faktischen Zustande mehr oder minder abweichende Resultate liefern müssen, — im Falle der Geschiebführung ist beispielsweise die thatsächliche mittlere Geschwindigkeit viel geringer, weil die Fortbewegung der Sinkstoffe einen nicht unwesentlichen Teil der bewegenden Kraft des Wassers absorbiert —, so liefert doch bisher, insoweit Wildbäche in Frage kommen, die Anwendung der Formel 22 die von den direkten Messungsergebnissen relativ am wenigsten abweichenden Ergebnisse.

Ganguillet und Kutter haben übrigens noch zur Vereinfachung der Rechnung für eine entsprechende Anzahl von Rauheiten des benetzten Umfanges eine Tabelle für die Werte von c zusammengestellt [305]), und Kutter hat in einer besonderen Schrift [306]) für eine große Zahl von Fällen diese Werte berechnet.

Die mittlere Geschwindigkeit des Wassers hängt naturgemäß

305) „Versuche zur Aufstellung einer neuen, allgemeinen Formel für die gleichförmige Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen"; von Ganquillet und Kutter. Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architektenvereines. Wien 1869.

306) „Mittlere Geschwindigkeit und Wassermengen pro Sekunde in Gräben und Flüssen mit verschiedener Rauheit des benetzten Umfanges, mit verschiedenen Gefällen und Querschnittsformen"; von W. R. Kutter Braunschweig 1870.

auch von den verschiedenen Wasserständen t im jeweiligen Querprofile ab und es lässt sich annähernd der Ausdruck ableiten

28) $$v = c\sqrt{J.t}.$$

Daraus ist zu ersehen, dass die mittlere Geschwindigkeit v des Wassers bei verschiedenen Wasserständen t annähernd als der Quadratwurzel aus der mittleren Wassertiefe t proportional angenommen werden kann.

Nachdem die für die mittlere Geschwindigkeit aufgestellten und angeführten Formeln annährend regelmäßige Profile im Auge haben, welche Regelmäßigkeit in der Wirklichkeit, wo die Wassertiefen oft rasch wechseln, zumeist nicht zutrifft, so wird man bei der Berechnung der mittleren Geschwindigkeit in unregelmäßigen Profilen diese in mehr regelmäßige Figuren mit annähernd gleicher Wassertiefe zu zerlegen haben.

Würde man z. B. die abgeleiteten Formeln auf die Totalität des Doppelprofiles, Fig. 163, anwenden, so gäbe dies falsche Resultate.



Fig. 163.

Man hätte vielmehr die mittleren Geschwindigkeiten gesondert für die innere kleinere sowie für die obere größere Profilfläche zu berechnen; die Summe der aus den einzelnen mittleren Geschwindigkeiten und zugehörigen Profilflächen sich ergebenden Wasserabflussmengen wäre die richtigere totale sekundliche Wasserabflussmenge im ganzen Profile.

Die mittlere Geschwindigkeit des Wassers kann in einzelnen Fällen auch ohne Zuhilfenahme der vorstehenden Formeln aus der Oberflächengeschwindigkeit ermittelt werden. Wird die im Stromstriche und an der Oberfläche auftretende, in der Regel größte Geschwindigkeit mit $v\ max$ bezeichnet, so lässt sich erfahrungsgemäß annähernd

29) $$v = 0 \cdot 8\, v\ max$$

setzen.

Bezeichnet dagegen $v\ min$ die in der Regel an den Wandungen und an der Sohle des Gerinnes auftretende Minimal-

geschwindigkeit, so kann für die Differenz $v\ max - v\ min = \frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}\ v\ max$ gesetzt werden.

Wird für die Wildbäche mit sehr rauhen Wandungen die größte Differenz als bestehend angenommen, so ergibt sich

$$v\ max - v\ min = \frac{1}{2}\ v\ max \text{ oder}$$

30) $$v\ min = \frac{1}{2}\ v\ max = \frac{v}{2 \cdot 0.8} = \text{annähernd } 0.6\ v$$

und es sind somit die Beziehungen zwischen den drei Geschwindigkeiten im Profile wenigstens annähernd gegeben, obwohl ein konstantes diesbezügliches Verhältnis nur zwischen der Geschwindigkeit in der halben Tiefe und der mittleren Geschwindigkeit für eine und dieselbe, dem Stromstriche parallele Vertikalebene bestehen soll.

Zu dem Zwecke der analytischen Ermittelung der mittleren Geschwindigkeit aus der Oberflächengeschwindigkeit haben Bazin, de Prony und andere Autoren eigene Formeln aufgestellt.

Die Oberflächengeschwindigkeit *v max* im Stromstriche kann auch mit Hilfe von Schwimmern ermittelt werden.

Als Schwimmer können einfache Holzstücke, zugekorkte leere oder zum Teil mit Wasser gefüllte Flaschen, dann auch Schaufelräder, bei welchen die Geschwindigkeit aus der Umdrehungszahl gefunden wird, verwendet werden.

Es wurden aber auch Apparate zum Messen der Geschwindigkeit in beliebiger Tiefe, so der sogenannte Tiefenschwimmer, die Pitot'sche Röhre, die Darcy'sche Röhre, die hydraulischen Flügel von Woltmann, Harlacher, Amsler-Laffon, dann auch Apparate zur direkten Ermittelung der mittleren Geschwindigkeit, so der Schwimmstab und der Stromintegrator konstruiert. Doch werden derartige Apparate in Wildbächen nur äußerst selten in Anwendung kommen können.

Die Bestimmung der Querprofile.

Die im Sinne des Vorstehenden ermittelten Größen und zwar die sekundlichen Abflüsse und die mittleren Geschwindigkeiten sind für die Bestimmung der Querprofile maßgebend und hinreichend.

Im allgemeinen ist bei Wildbächen die Aufgabe eine zweifache. Entweder es sind die Wässer eines jeden Standes, vom

Niederwasser bis zum extremen Hochwasser in einem einfachen Profile abzuführen, oder es sollen in diesem nur Wässer eines gewissen mittleren Hochwasserstandes Platz finden, Wässer höheren Standes aber in das Inundationsgebiet austreten.

Von „einfachen“ Profilen kommen vornehmlich jene von der Form des Rechteckes, des Trapezes und der Schale in Betracht.

Sollen bedeutendere Hochwässer das einfache Profil wohl überfluten, dabei aber immer noch in einem bestimmten Gerinne gefasst bleiben, so tritt der zweite Fall, die Wahl des „Doppelprofiles“, ein, dessen Form, Fig. 163, eine aus den Formen der vorgemeinten einfachen Profile entsprechend zusammengesetzte sein kann.

Aus der Formel für die sekundliche Abflussmenge, $Q = F . v$. geht hervor, dass die Größe F, d. i. die Fläche des benetzten Durchflussprofiles, unter Voraussetzung des Bekanntseins der Größen Q und v, sofort ermittelbar ist und dass umgekehrt, bei bekanntem Q und der den Terrainverhältnissen oder der geplanten Bauweise entsprechend angenommenen, also auch bekannten Profilfläche F, die mittlere Geschwindigkeit v einen ganz bestimmten Wert haben muss.

Die Größe v der mittleren Geschwindigkeit ist aber auch von dem Zutreffen der Geschwindigkeitsformel abhängig, so dass es nicht genügen kann, bei angenommener mittlerer Geschwindigkeit v, die Profilgröße F einfach aus der Formel $F = \frac{Q}{v}$ zu ermitteln. Es muss vielmehr überdies und zwar nach Wahl der Profilform und bei Berücksichtigung der Größen c, beziehungsweise α und β, dann auch R und J, noch das Zutreffen der Geschwindigkeitsformel geprüft werden.

Ebenso würde es nicht genügen, bei Annahme eines nach Größe und Form bestimmten Querprofiles die mittlere Geschwindigkeit v bei Zugrundelegung der Größen c, beziehungsweise α und β, dann R und J aus der Geschwindigkeitsformel zu berechnen. Es müsste vielmehr, daran anschließend, das Zutreffen der Formel $Q = F \cdot v$ geprüft werden.

Im ersteren Falle, wenn die Geschwindigkeitsgleichung nicht zuträfe, müsste man die Profilform, wenn thunlich vielleicht auch das relative Gefälle, oder beide zugleich, entsprechend ändern. Im zweiten Falle könnte sich die Aenderung der Faktoren überdies auf die Profilsgröße erstrecken, wenn eine solche Aenderung innerhalb gewisser Grenzen zulässig erschiene.

Die Annahme der mittleren Geschwindigkeit v hat insofern ihre Berechtigung, als ihr Wert im Hinblick auf die Vermeidung allzu starker Inanspruchnahme des Gerinnes eine gewisse Grenze nicht übersteigen soll.

Eine mittlere Geschwindigkeit von 4 m pro Sekunde kann immerhin als eine schon beträchtliche angesehen werden. Da dieselbe aber auch wesentlich von dem oft durch die Terrainverhältnisse gegebenen und bis zu einem gewissen Grade unabänderlichen, relativen Gefälle J abhängig ist, so wird man sich, insbesondere bei Gebirgswässern, an diese Größe oft nicht halten können und wird bei größeren Geschwindigkeitswerten auf eine entsprechende Sicherung des Gerinnes namentlich in der Sohle, Bedacht nehmen müssen.

Wie aus dem bisher Gesagten hervorgeht, ist die vorher unabhängig von der Profilsberechnung ermittelte Abflussmenge Q als eine feststehende Minimalgröße anzusehen, die allenfalls der erhöhten Sicherheit wegen und bei Berücksichtigung des Geschiebetransportes mit einem entsprechend höheren Werte in Rechnung gezogen werden kann. Veränderlich sind bis zu einem gewissen Grade die Größen v, F, c, beziehungsweise α und β, dann R und J. Die Veränderlichkeit von v ist in der Veränderlichkeit von F, c, beziehungsweise α und β, dann R und J bedingt und ist überdies wegen allzustarker Inanspruchnahme des Gerinnes an einen gewissen Maximalwert gebunden. Aus dem letzteren Grunde ist, wie dies aus der Formel $Q = F \cdot v$ hervorgeht, auch die Veränderlichkeit der Flächengröße F nur eine beschränkte. Auch das relative Gefälle J kann in vielen Fällen nicht wesentlich verändert werden, weil die Wahl der Trace und das damit im Zusammenhange stehende Nivellement ihm einen gewissen Wert vorschreiben. Eine ausschlaggebende Veränderung, d. i. Verringerung dieses Gefälles kann in manchen Fällen nur durch Staffelung des Gerinnes erzielt werden.

Die Größen R und c sind es sonach hauptsächlich, deren Werte durch entsprechende Wahl der Profilform, R, und der Bauweise, c, derart abgeändert werden können, dass in jedem einzelnen Falle die betreffenden Gleichungen zutreffen.

Allerdings sind auch die Tiefe und Spannweite des Profiles, also Größen, welche seine Form beeinflussen, in manchen Fällen behufs Vermeidung zu großer Sohlenvertiefung im Terrain oder behufs Vermeidung besonderer Anschüttungen, dann behufs Rück-

sichtnahme auf an die Trace sich hart anschließende, unverrückbare Objekte und auf eine gewisse unabänderliche Bauweise, so Notwendigkeit der Anlage von Grundschwellen, an gewisse Grenzen gebunden. Endlich kann auch das Gebundensein an ein bestimmtes Baumaterial die Form des Profiles und die Rauhigkeitsverhältnisse in demselben bedingen.

Die Art und Weise, wie die Rechnung bei Vorhandensein der einzelnen Profile durchzuführen ist, soll hier nicht weiter behandelt werden und wird diesbezüglich auf die bereits an anderer Stelle bezogene Arbeit des Verfassers [119]), verwiesen.

Es mag nur darauf aufmerksam gemacht werden, dass im Falle des trapezförmigen Querprofiles die Lösbarkeit der Aufgabe von dem Zutreffen der Bedingungsgleichung

31)
$$R < \frac{\gamma}{2}\sqrt{\frac{Q}{v}}$$

abhängig ist, in welcher Formel γ den Ausdruck

32)
$$\gamma = \sqrt{\frac{\sin\varphi}{2 - \cos\varphi}}$$

und φ den beiderseits gleich angenommenen Böschungswinkel bedeuten.

Würde diese Formel nicht zutreffen, so würde sich analytisch für die Tiefe des Profiles ein imaginärer Wert ergeben. Es darf also der aus der Geschwindigkeitsformel ermittelte Wert von

33)
$$R = \frac{v}{2J}\left[\alpha v + \sqrt{(\alpha v)^2 + 4\beta J}\right]$$

nicht größer sein als $\frac{\gamma}{2}\sqrt{\frac{Q}{v}}$.

Als eine besondere, bei Berechnung des trapezförmigen Profiles zu lösende Aufgabe ist die Bestimmung des „vorteilhaftesten" Profiles nach Lhota [291]) anzusehen.

Dieses günstigste Profil soll jenes mit 60 gradiger Böschung sein und der Vorteil desselben in der Abfuhr der größten Wassermassen bei gleicher Profilfläche liegen. Dagegen ist dieses Böschungsverhältnis im Hinblicke auf die Steilheit der Wandungen und im Vergleiche mit den Vorteilen, welche flache Böschungen aus technischen Gründen bieten, nicht immer als das thatsächlich

vorteilhafteste zu bezeichnen. Man wird in der Regel ein flacheres Böschungsverhältnis, etwa 1 : 1, 1 : 1 ½ oder 1 : 2 vorziehen.

Ueber ein Querprofil von gleichbleibendem hydraulischen Radius liegen die in der Fußnote angeführten Abhandlungen vor.[307—309]

Die vorstehenden Betrachtungen gründen sich auf die Annahme, es bewege sich das Wasser auf einer kontinuierlich verlaufenden Sohle. Die Bewegungsgesetze werden aber andere, wenn die Sohle gestaffelt ist, und die Veränderlichkeit dieser Gesetze wird zunächst von der Höhe, von der Entfernung der Staffeln untereinander, sowie von der geführten Wassermasse abhängig sein.

August Armani[290]) hat über die Bewegung des Wassers im gestaffelten, rechteckigen Profile Beobachtungen angestellt und formulierte das Bewegungsgesetz für verlandete Schwellen in seiner Abhandlung: „Ueber die Bewegung des Wassers in gestaffelten Gerinnen", in der folgenden Weise:

34) $$Q = \mu b \sqrt{\frac{h^3 \cdot 8 \cdot 72}{1 - \mu^2}}$$

oder aber

35) $$h = \sqrt[3]{\frac{Q^2(1-\mu^2)\,0.114679}{\mu^2 b^2}}$$

36) $$b = \sqrt{\frac{Q^2(1-\mu^2)\,0.114679}{\mu^2 h^3}}.$$

Hiezu ist zu bemerken, dass die Armanischen Korrektionsprofile nur die mittleren Hochwässer zu fassen haben, während die extremen Hochwässer das Profil überfluten und sich ungehindert im Inundationsgebiet ausbreiten sollen.

Der Abflusscoeffizient $\mu = {}^3/_2 \mu_1$ ist von der Geschwindigkeit v des an der Staffel, Schwelle, ankommenden Wassers abhängig und der folgenden Tafel Nr. 5 zu entnehmen:

307) „Ueber die Ermittelung der zweckmäßigsten Querprofilform von Wasserläufen; von Friedrich Lorenz, Centralblatt für das gesamte Forstwesen. Oktober 1901.

308) „Die Ermittelung der zweckmäßigsten Querprofilform von Wasserläufen; von Dr. Norbert von Lorenz. Centralblatt für das gesamte Forstwesen. Dezember 1901.

309) „Ueber Curven mit constantem hydraulischen Radius"; von Dr. Oskar Simony. Centralblatt für das gesamte Forstwesen. März 1902.

Tafel Nr. 5.

v in Metern	$\mu_1 = \frac{2}{3}\mu$	v in Metern	$\mu_1 = \frac{2}{3}\mu$
0.5	0.300	1.6	0.447
0.6	0.330	1.7	0.452
0.7	0.352	1.8	0.458
0.8	0.370	1.9	0.461
0.9	0.385	2.0	0.464
1.0	0.398	2.1	0.469
1.1	0.412	2.2	0.470
1.2	0.417	2.3	0.475
1.3	0.426	2.4	0.479
1.4	0.435	2.5	0.484
1.5	0.440	2.6	0.486

Bei Korrektionsprofilen mit der Wassertiefe von 0.4 m, wie dies bei Versicherungen mit Flechtzäunen annähernd zutrifft, bei der in Bächen üblichen Sohlenbreite von 6—10 m, dann bei der Wassergeschwindigkeit $v = 2$ m, kann nach Armani der Coefficient μ stets gleich 0.696 angenommen werden. Die Wassergeschwindigkeit in gestaffelten Gerinnen lässt sich übrigens durch entsprechende Gefällsverminderung leicht regeln und thatsächlich annähernd auf die Größe 2 m herabsetzen.

Was die Bestimmung des Doppelprofiles, Fig. 163, Seite 392, anbelangt, so wird auf die bezügliche Arbeit Kresniks[284]) verwiesen.

Es muss nochmals darauf hingewiesen werden, dass die Abfuhr von größeren Geschiebsemassen, insbesonderer wenn sie mehr stoßweise vor sich geht, die Abflussverhältnisse wesentlich beeinflussen muss. Man wird deshalb, wenn solche Verhältnisse erwartet werden können, den Gerinnen der erhöhten Sicherheit wegen größere, als der theoretischen Berechnung entsprechende Querprofile anzuweisen haben. Im übrigen lässt sich aus der Art und Größe der Belastung auf die Geschwindigkeitsabnahme nach Formel 3, Seite 165, I. Teil, schließen und es treten dann

in die abgeleiteten Formeln die entsprechend geänderten Größen von v und von Q ein.

Die Wahl der Form der einzelnen Querprofile ist allzusehr von den örtlichen Verhältnissen abhängig, als dass darüber bestimmte Regeln anzugeben wären. Die Schalenform sichert den raschesten Abfluss, kann aber eben deshalb für unterhalb gelegene Teile des gefährdeten Gebietes schädlich wirken, namentlich wenn die Vorflut eine mangelhafte sein sollte.

Das Baumaterial ist ebenso ausschlaggebend. Bei der Verwendung von Holz kann von der eckigen Form zumeist nicht abgegangen werden.

Dort wo sich das Gerinne durch Ortschaften ziehen muss, wird die Form auch von der räumlich beschränkten Entwicklung abhängig sein. So wird vielleicht selbst das rechteckige Profil, mit den sonst ungünstigen senkrechten Wandungen gewählt werden müssen.

Uebrigens ist die Tiefe des Profils mitunter eine durch die Verhältnisse, bis zu einem gewissen Grade wenigstens, gegebene Größe, denn das Nivellement der künftigen Regulierungslinie wird lehren, in welche Tiefe gegangen werden muss, um auf einzelnen Strecken des Gerinnes die stets unerwünschte Herstellung angeschütteter Sohlen vielleicht vermeiden zu können. Da die Fläche eine Funktion der Tiefe und der mittleren Breite ist, so wird die letztere auch bis zu einem gewissen Grade eine gegebene Größe sein.

Die Regeln der Bauausführung.

Als allgemeine Regeln für die Ausführung geschlossener Gerinne in Wildbächen wären hervorzuheben:

Die Trace des Gerinnes wird mit Rücksicht auf Abwendung der Gefahr für Ortschaften und Kommunikationen etc., soweit es die Verhältnisse zulassen, zu wählen sein.

Die Krümmungen im Gerinne sollen keine kleinen Radien aufweisen, weil dadurch die Gefahr der Beschädigung wächst. Je geringer das Gefälle, desto kleiner wird im allgemeinen der Krümmungsradius werden können, dessen unterste Grenze von 50—100 m schwanken kann.

Je spitzer der Winkel ist, unter welchem der Bach in den Recipienten einmündet, desto geringer erscheint die Gefahr der Rückstauung des Wassers und die Ablagerung des Materiales in dem ersteren, desto besser sind daher im allgemeinen die Vorflut-

verhältnisse. Allerdings bringt die schiefwinkelige Einmündung zumeist eine Verlängerung des Gerinnes und einen verzögerten Abfluss mit sich. Ist es thunlich, die ungünstige Vorflut durch hin-

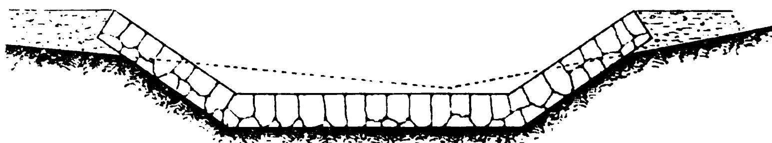


Fig. 164.

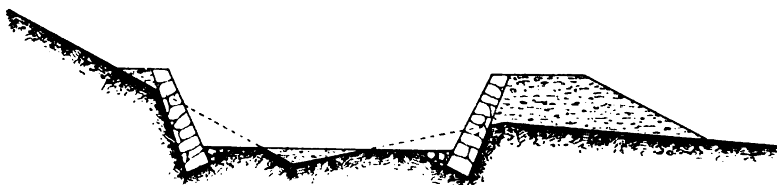


Fig. 165.



Fig. 166.

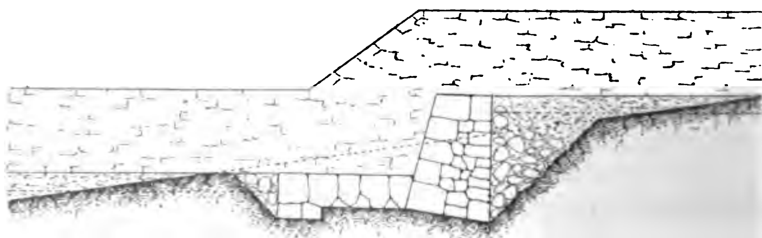


Fig. 167.

reichende Sohlendifferenz an der Mündungsstelle zu beseitigen, so kann die rechtwinkelige Einmündung behufs Ermöglichung des raschen Abflusses zweckdienlich sein.

Der obere Beginn des Gerinnes muss eine gute Einbindung

gestatten und das untere Ende eine feste Stütze erhalten. Das Gerinne soll keine Gefällsbrüche aufweisen oder noch viel weniger in einen ungeregelten Lauf übergehen, weil im letzten Falle bei größerer Geschiebeführung Stauungen unvermeidlich sind. Allerdings wird diesen Anforderungen der örtlichen Verhältnisse halber, nicht immer Rechnung getragen werden können.

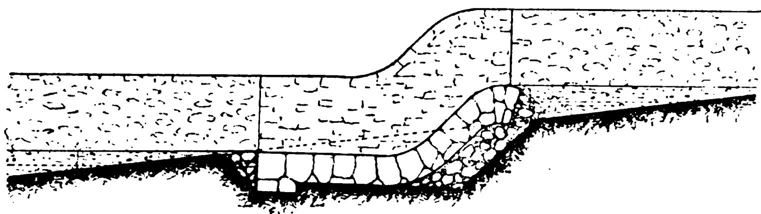


Fig. 168.

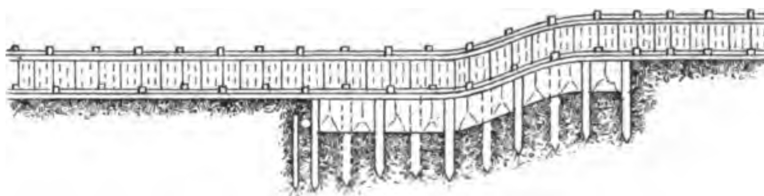


Fig. 169.

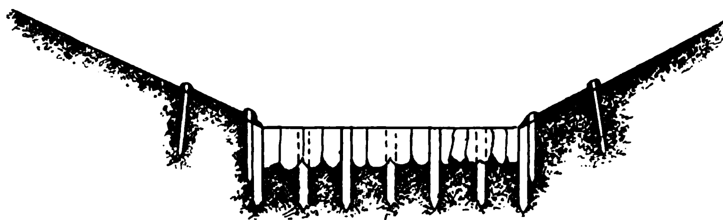


Fig. 170.

Das Querprofil des Gerinnes muss groß genug sein, um die größten, eventuell wenigstens die mittleren Hochwässer zu fassen. Regulierungen auf Mittel-, bezw. auf Normal- oder gar auf Niedrigwässer sind in Wildbächen in der Regel nicht in Betracht zu ziehen.

Das Gefälle soll nicht zu schwach und nicht zu stark sein. Im ersten Falle ist der Abfluss vielleicht ungünstig verzögert, im

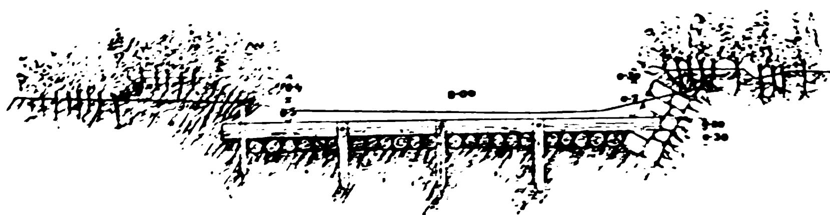


Fig. 171.

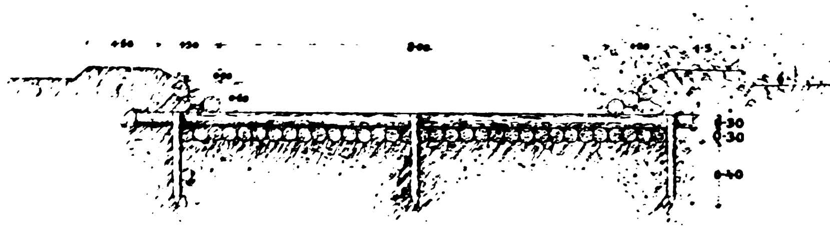


Fig. 172.

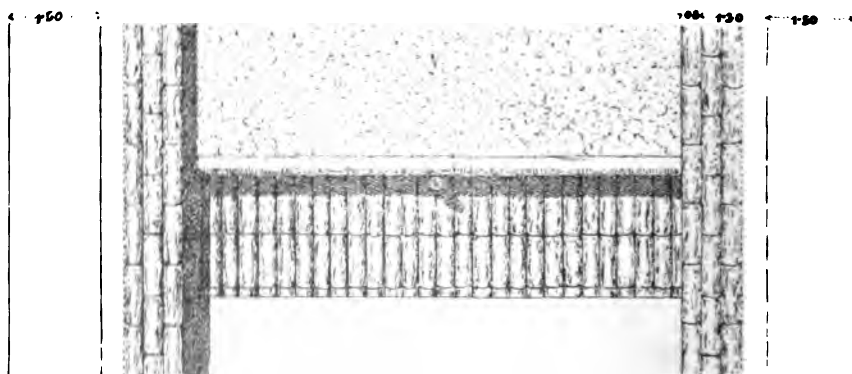


Fig. 173.

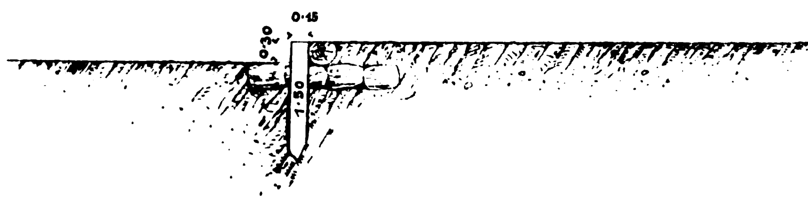


Fig. 174.

letzten Falle kann das Gerinne zu stark in Anspruch genommen werden. Die zulässigen Grenzen sind durch die obwaltenden Verhältnisse gegeben. Mittlere Geschwindigkeitswerte von 6—10 m sind schon als sehr bedeutende anzusehen und erfordern besondere Sohlensicherungen. Bis zu einem gewissen Grade kann das Gefälle durch Wahl der Trace, durch größere Entwicklung derselben im Terrain, auch durch Staffelung mittelst Grundschwellen verringert werden.

Die Art der baulichen Ausführung von gesicherten Gerinnen ist den Abbildungen Nr. 7, Seite 36, Nr. 8, Seite 38, Nr. 37, Seite 129, Nr. 40, Seite 133, Nr. 41, Seite 135, Nr. 52, Seite 146, Nr. 53, Seite 147, Nr. 56, Seite 150, Nr. 62, Seite 162, Nr. 64, Seite 164, Nr. 72, Seite 191 und den Figuren 164 bis 174 zu entnehmen.

Die Uferverkleidung kann übrigens auch bei Anwendung jeder

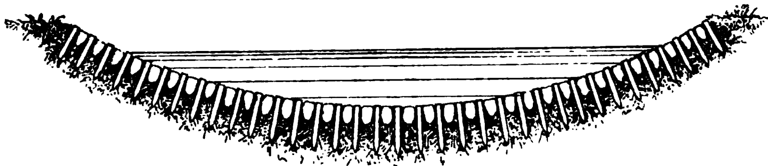


Fig. 175.

Art des beschriebenen und manch anderen Uferschutzbaues bewerkstelligt werden.

Die Regulierungsmethode nach Schindler [19]) ist der Fig. 175 zu entnehmen. Auch hier spielt der „Pfahl", wie im System Schindler überhaupt, die größte Rolle.

Projekt und Kostenvoranschlag.

Eine unerlässliche Voraussetzung zutreffender Projektierung von Wildbachverbauungen ist das Erkennen des Charakters des zu verbauenden Objektes und mit ihm der zu wählenden Gegenmaßregeln.

Die Ursachen des Uebels zu erforschen, die Mittel und Wege anzugeben, wie denselben grundsätzlich zu begegnen ist, das ist die wesentlichste Aufgabe des Projektes, welches im übrigen und im Detail den ausführenden Organen bei der Durchführung möglichst großen Spielraum gestatten soll.

Selbstverständlich erfordert die Aufstellung einer Kostenziffer und die Möglichkeit der Beurteilung des Projektes dessen bis zu einem gewissen Grade genaue Verfassung, doch sollte in dieser Richtung, schon wegen der Veränderlichkeit der Verhältnisse, nicht zu weit gegangen werden.

Für die in Oesterreich auszuführenden Verbauungen ist hinsichtlich der Projektsverfassung eine Norm durch die Verordnung vom 18. Dezember 1885, R.-G.-B. Nr. 2 ex 1886 erlassen worden.*)

Es ist jedoch im Laufe der nun bereits nahezu 20 Jahre währenden systematischen Verbauungsthätigkeit erkannt worden, dass diese Norm eine viel zu weitgehende ist.

---

*) Die General-Projekte haben zu umfassen:

1. Eine gedrängte, möglichst sachlich gehaltene Darstellung aller auf die Verbauung und deren Begründung Bezug habenden Verhältnisse, also Beschreibung der klimatischen, geologischen, oro- und hydrographischen, der kulturellen Verhältnisse des Wildbachgebietes, Charakteristik und Wirkung des Wildbaches und deren Ursachen etc etc.

2. Die Situationsdarstellung des Arbeitsgebietes im Maßstabe 1:75000 oder 1:25000, nebst Detailplänen im Maßstabe von 1:1000 oder 1:5000.

3. Das Längenprofil samt den nötigen Querprofilen. Das Längenprofil ist zweimal auszufertigen und zwar im Maßstab 1:1000 für Längen und Höhen und im Maßstabe 1:1000 für Längen, 1:100 bis 1:200 für Höhen.

Die Querprofile können im Maßstabe 1:100 bis 1:200 dargestellt werden.

4. Die Baupläne für einzelne Bauten oder die Typen für gleichartige Objekte im Maßstabe 1:100 bis 1:20.

5. Die summarische Darstellung jener Vorkehrungen im Arbeitsfelde, welche zum Zwecke der Ausführung oder der Wirksamkeit der beabsichtigten Bauobjekte zu treffen sind oder die direkte Beseitigung vorhandener Uebelstände zur Aufgabe haben (Wege, Rollbahnen, Stege, Entwässerungen, Verflechtungen, Aufforstungen etc. etc.).

6. Den Kostenvoranschlag für die auszuführenden Arbeiten.

7. Die Zeitdauer und Einteilung des Baues.

Nach Erklärung der öffentlichen Nützlichkeit (§. 11 des Gesetzes vom 30. Juni 1884, R.-G.-B. Nr. 117) ist das Generalprojekt durch einen Situationsplan zu ergänzen, welcher im Maßstabe 1:1000 bis höchstens 1:5000 anzufertigen ist und das gesamte, mit einem violetten Bande einzurahmende Arbeitsfeld und dessen nächste Umgebung zu umfassen hat. In diesem Plane sollen alle Parzellen samt Nummern, alle geplanten Anlagen, das Terrain durch Schichtenlinien, die beabsichtigten Enteignungen und vieles andere mehr, ersichtlich gemacht sein.

Diesem Plane sind noch vier Verzeichnisse beizulegen, und zwar über sämtliche im Arbeitsfelde gelegenen Parzellen, über die beabsichtigten Enteignungen und beanspruchten Duldungen, sowie über jene Wasserrechte, welche durch die geplante Verbauung berührt werden.

Es ist überhaupt nicht angezeigt, Verbauungsprojekte in solche und ähnliche Formen zu pressen, vielmehr ist es geboten, dem individuellen, sehr verschiedenen Charakter der Bäche durch thunlichste Freilassung der Art und Weise der Projektsverfassung mehr Rechnung zu tragen.

Was zunächst die äußere Arbeit anbelangt, so wird, wie schon hervorgehoben, in erster Linie die Ursache des Uebels zu ergründen sein. Dass da die geologischen, geognostischen, orohydrographischen und wirtschaftlichen Verhältnisse eine große Rolle spielen, geht aus den früheren Abschnitten hervor.

Einmal über die Art und Weise der zu bewerkstelligenden Verbauung im klaren, wird der Projektant zu den geodätischen und hydrometrischen Arbeiten schreiten.

Die geodätische Aufnahme erfolgt vorteilhaft durch das optische Distanzmessen und haben sich beiderlei Arbeiten Appa-



Fig. 176.



Fig. 177.

rate, wie sie den Figg. 176 und 177 zu entnehmen sind, bestens bewährt. Das Höhenmessen, wo solches erforderlich, erfolgt barometrisch. In schwer zugänglichem Gebiete kann von der Photogrametrie Anwendung gemacht werden und sind die gebräuchlichsten Instrumente in den Figuren 178 und 179 zu sehen. Allerdings ist dieses neuere Vermessungsverfahren noch nicht soweit nach jeder Richtung erprobt, dass dessen Anwendung vorbehaltlos empfohlen werden könnte.[310])

310) Ueber das photogrametrische Messverfahren für vorliegende und ähnliche Zwecke gibt Auskunft: „Die Photogrametrie oder Bildmeßkunst"; von Ferdinand Wang. Laibach 1893, mit reicher Autorenangabe.

Jedes andere geodätische Verfahren, so die Triangulierung, das Polygonverfahren etc. ist, weil der erwünschte Grad der Genauigkeit ohne dieselben erreicht werden kann, fast ausnahmslos überflüssig.

Die geodätische Aufnahme erstreckt sich auf die zu verbauenden Bachstrecken, Objekte oder Objektsteile. Diese Aufnahme weiter, so über das ganze Niederschlagsgebiet auszudehnen, kann im besten Falle nur orientierenden Wert haben. Festzustellen sind die Situation, sowie die Längen- und Querprofilsverhältnisse; in jenen Fällen, in welchen es sich um größere und kostspieligere



Fig. 178.

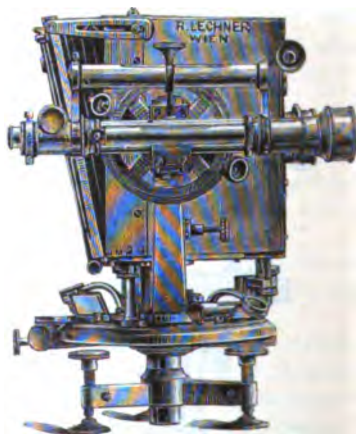


Fig. 179.

Regulierungen handelt, ist ein genaues Nivellement erforderlich. Das Längenprofil der zu verbauenden Bachstrecke ist ein wichtiger Faktor der Verbauung und soll dessen Aufnahme thunlichst genau erfolgen.

Wird auf einer Bachstrecke die Herstellung einer Anzahl von Querwerken, Thalsperren oder Grundschwellen geplant, so ist, wenn es die Verhältnisse gestatten, diesen entsprechend nur ein typisches, mittleres Querprofil für eine Reihe solcher Werke festzulegen und nicht etwa für jedes derselben das Querprofil nach Maßgabe der Wahl der Baustelle an Ort und Stelle aufzunehmen.

Größere, wichtigere Objekte erfordern naturgemäß eine sehr

sorgfältige Aufnahme der Baustelle, und zwar nicht allein geodätisch, sondern auch ihrer geognostischen Beschaffenheit nach.

Genauere Terrainaufnahmen im Falle beabsichtigter Durchführung größerer Entwässerungsanlagen sind geboten.

Die hydrometrischen Arbeiten können in der Bestimmung des Abflusses und in der Beurteilung des Ausgleichsprofiles auf den zu verbauenden Bachstrecken bestehen.

Das Projekt selbst hat der Hauptsache nach die folgenden Teile zu enthalten und zwar:

1. eine orientierende Uebersichtskarte,
2. die Detail-Situationspläne der zu verbauenden Bachstrecken, in welche die Bauten einzuzeichnen sind,
3. die zugehörigen Längen- und Querprofile samt Eintragung der Bauten.
4. die gewählten Bautypen.

Alle diese genannten Beilagen sind in den für die Beurteilung entsprechenden Maßstäben zu verfassen,

5. die Preisanalyse,
6. den Kostenvoranschlag,
7. den Erläuterungsbericht, welcher das Projekt des nähern zu begründen, so wie über die Bauzeit, Reihenfolge der Arbeit u. a. m. Auskunft zu geben hat.

Außerdem soll das Projekt durch ein Verzeichnis jener Parzellen und deren Besitzer ergänzt werden, von welchen eine gewisse Duldung, so z. B. Materialgewinnung, Materialtransport, Wirtschaftseinschränkung u. dergl. m. gefordert wird oder die im Interesse der Verbauung enteignet werden sollen. Ein Verzeichnis jener Wasserrechte, die allenfalls durch die Verbauung berührt werden, soll gleichfalls vorliegen.

Diese vorstehenden allgemeinen Angaben können zur Orientierung genügen. Da es vielfach erwünscht sein dürfte, über die Art der Kostenveranschlagung, welche in vielen Fällen von jener anderer Bauten abweicht, Anhaltspunkte zu erhalten, so ist im Folgenden die Ableitung der Einheitspreise für die gewöhnlichsten Leistungen und Herstellungen gegeben. Keineswegs können diese aber als für alle Verhältnisse und Oertlichkeiten geltend angesehen werden.

A. Steinbauten.

1. 1 m^3 Materialaushub bewerkstelligen:
   0,3 Handlangerschichten, 5 % Aufsicht und Requisiten.

2. 1 m^3 Felsaushub bewerkstelligen:
   0,4 Handlangerschichten, 0,4 Steinbrecherschichten, 15 % Aufsicht, Sprengmittel und Requisiten.

3. 1 m^3 Bruchstein in Steinbrüchen gewinnen:
   0,5 Steinbrecherschichten, 0,5 Handlangerschichten, 15 % Aufsicht, Sprengmittel und Requisiten. Eventuell Bruchzins hiezu.

4. 1 m^3 Bruchsteine aus großen Findlingen gewinnen:
   0,7 Handlangerschichten, 0,2 Steinbrecherschichten, 10 % Aufsicht, Sprengmittel und Requisiten. Eventuell Bruchzins hiezu.

5. 1 m^3 Findlinge gewinnen:
   0,5 Handlangerschichten, 5 % Aufsicht und Requisiten.

6. 1 m^3 Klaubsteine gewinnen:
   0,4 Handlangerschichten, 5 % Aufsicht und Requisiten.

7. Lieferung von 1 m^3 Stein auf 100 m Entfernung unter mittleren Verhältnissen:
   0,4 Handlangerschichten, 5 % Aufsicht und Requisiten.

8. Desgleichen auf 200 m Entfernung:
   0,6 Handlangerschichten, 5 % Aufsicht und Requisiten.

9. 1 m^3 Mauerwerk aus Stampfbeton im Mischungsverhältnis 1 : 7 herstellen:
   Materialbedarf: 220 kg Cement, 1,1 m^3 Sand und Schotter.
   Arbeitsaufwand: 0,3 Maurerschichten, 1,7 Handlangerschichten.
   10 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht, Verschalung und Requisiten.

10. Desgleichen im Mischungsverhältnisse 1 : 10.
    Materialbedarf: 150 kg Cement, 1,1 m^3 Sand und Schotter.
    Arbeitsaufwand: 0,3 Maurerschichten, 1,7 Handlangerschichten.
    10 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht, Verschalung und Requisiten.

11. 1 m^3 Hausteinmauerwerk in Cementmörtel herstellen:
    Materialbedarf: 1,75 m^3 Bruchsteine, 0,1 m^3 Sand, 45 kg Cement.
    Arbeitsaufwand: 5 Steinmetzschichten, 1,8 Maurerschichten, 1,0 Handlangerschichten.
    10 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

12. 1 m^3 Cementmörtelmauerwerk für Querwerke herstellen:
    Materialbedarf: 1,25 m^3 Bruchsteine, 0,2 m^3 Sand, 80 kg Cement.
    Arbeitsaufwand: 1,2 Maurerschichten, 0,7 Handlangerschichten.
    10 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

13. Desgleichen für Längsbauten:
    Materialbedarf: 1,2 m^3 Bruchsteine, 0,2 m^3 Sand, 80 kg Cement.
    Arbeitsaufwand: 0,8 Maurerschichten, 0,7 Handlangerschichten.
    10 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

14. 1 m³ Trockenmauerwerk an der Thalseite der Querwerke herstellen:
Materialbedarf: 1,3 m³ Bruchsteine.
Arbeitsaufwand: 1,4 Maurerschichten, 0,6 Handlangerschichten.
10% des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

15. 1 m³ Trockenmauerwerk an der Bergseite der Querwerke herstellen:
Materialbedarf: 1,2 m³ Bruchsteine, eventuell die Hälfte davon Findlinge.
Arbeitsaufwand: 0,5 Maurerschichten, 0,3 Handlangerschichten.
10% des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

16. 1 m³ Trockenmauerwerk für Längsbauten herstellen:
Materialbedarf: 1,2 m³ Bruchsteine.
Arbeitsaufwand: 0,6 Maurerschichten, 0,4 Handlangerschichten.
10% des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

17. 1 m² Taloudpflasterung, 0,4 m stark, ohne Fundamentaushub herstellen:
Materialbedarf: 0,5 m³ Bruchsteine.
Arbeitsaufwand: 0,5 Maurerschichten, 0,2 Handlangerschichten.
10% des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

18. 1 m² Schalenpflasterung, 0,5 m stark, ohne Fundamentaushub herstellen:
Materialbedarf: 0,6 m³ Bruchsteine.
Arbeitsaufwand: 0,6 Maurerschichten, 0,25 Handlangerschichten.
10% des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

19. 1 m² Sturzbettpflasterung, 0,5—0,6 m stark, ohne Fundamentaushub herstellen:
Materialbedarf: 0,7 m³ Bruchsteine.
Arbeitsaufwand: 0,6 Maurerschichten, 0,25 Handlangerschichten.
10% des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

20. 1 m² Sturzbettpflaster, 0,8—0,9 m stark, ohne Fundamentaushub herstellen:
Materialbedarf: 1,0 m³ Bruchsteine.
Arbeitsaufwand: 0,9 Maurerschichten, 0,4 Handlangerschichten.
10% des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

21. 1 m² Sturzbettpflaster, 0,8 m stark, pilotiert, ohne Fundamentaushub, bei der Annahme, dass auf 18 m² Pflaster 4 Piloten, durch eine 7 m lange Schwelle verbunden, zu stehen kommen, herstellen:
Materialbedarf: 0,8 m³ Bruchsteine, 0,05 fm Holz.
Arbeitsaufwand: 0,7 Maurerschichten, 0,7 Handlangerschichten, 0,1 Zimmermannsschichten.
10% des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

22. 1 m³ Steinschlichtung oder Steinpackung herstellen:
Materialbedarf: 1,1 m³ Bruchsteine.
Arbeitsaufwand: 0,2 Maurerschichten, 0,5 Handlangerschichten.
10% des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

23. 1 m³ Steinwurf herstellen:
Materialbedarf: 1 m³ Bruchsteine.
Arbeitsaufwand: 0,5 Handlangerschichten.
10% des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

Die vorstehenden Ansätze gründen sich auf die Verhältnisse in den österreichischen Hochgebirgsländern.

B. Stammholzbauten.

1. 1 laufend. Meter doppelwandigen Steinkasten nach Fig. 122, Seite 359, ohne Fundamentaushub und Vorfeldversicherung herstellen:

Materialbedarf:

Holz zu Wandbäumen, Zangen, Piloten, Schwerböden, nach Dimensionierung des Baues.

0,8 m³ Klaubstein zur Füllung von 1 m³ Steinkasten. Pilotenschuhe Nägel, Schrauben.

Arbeitsaufwand:

1 laufend. Meter Pilote, 25 cm stark, anarbeiten, beschuhen, aufziehen, einrammen und abschneiden, 0,1 Zimmermannsschichten, 1,0 Handlangerschichten, daher für 1 laufend. Meter Steinkasten je nach Pilotenzahl.

1 laufend. Meter Bauholz anarbeiten, verkämmen, mit Nägeln befestigen, einschließlich Herstellung von Holznägeln, 0,08 Zimmermannsschichten, daher für 1 laufend. Meter Steinkasten je nach Dimensionierung desselben.

1 m³ Steinkasten mit Klaubsteinen füllen, 0,2 Handlangerschichten, 0,05 Maurerschichten.

5% des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

Die ähnliche Berechnung gilt für einwandige oder doppelwandige Steinkasten- und für Rauhbaumsperren nach Figg. 82 bis 90, Seite 339 bis 343, sowie für ähnlich gebaute Längswerke.

2. 1 laufend. Meter Prügelsperre nach Figg. 94 bis 96, Seite 347, ohne Fundamentaushub und Vorfeldversicherung herstellen:

Materialbedarf: Holz nach Dimensionierung des Baues.

Arbeitsaufwand: Einbauen des Holzes und Beschweren desselben, 1,0 Zimmermannsschichten, 0,5 Handlangerschichten, eine Spannweite des Objectes von etwa 6 m vorausgesetzt.

10% des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

Die vorstehenden Ansätze gründen sich auf Verhältnisse in den österreichischen Hochgebirgsländern.

C. Bauten aus Flecht- und Faschinenmateriale.

1. Eine Weidenfaschine, bestehend aus einem Reisigbündel von 4 m Länge und 30—35 cm mittlerer Stärke, zusammengehalten durch 3 Wieden, erzeugen:

Arbeitsaufwand: für das Binden 0,12 Handlangerschichten.

5% des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

Hiezu Wert von etwa 0,65 rm. Faschinenmaterial.

2. Eine Waldfaschine, bestehend aus einem Reisigbündel obiger Dimensionen, wie vor gebunden, erzeugen:
Arbeitsaufwand: für das Binden 0,1 Handlangerschichten.
5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.
Hiezu Wert von etwa 0,65 rm. Reisig.
Die Ansätze 1 u. 2 gründen sich auf Verhältnisse in Mähren.

3. 10 laufend. Meter Querflechtwerke 1. Ranges nach Figg. 100, 101 und 102, Seite 350 und 351, 0,8—1,2 m hoch, mit 2 Faschinenvorlagen, mit Weidenstecklingen bepflanzt, ohne Fundamentaushub, herstellen:
Materialbedarf: 1,27 fm Holz, 11,6 rm. Flecht- und Faschinenmaterial und zwar 46 Pfähle (14 Stück 1,9 m lang, 26 Stück 1,5 m lang, 6 Stück 1 m lang) im Mittel 15 cm stark. 1600 Weidenstecklinge, 3,9 rm. Faschinenmaterial und 7,7 rm. Flechtreisig.
Arbeitsaufwand: Entasten und Zurichten von 7,7 rm. Flechtreisig à 0,25 Handlangerschichten; Schälen, Zuspitzen, Einsetzen der Pfähle auf 1 m Tiefe, Herstellen des Geflechtes, Einsetzen der Stecklinge, 20 Handlangerschichten; Legen der Faschinen 0,5 Handlangerschichten.
5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.
In Böhmen zusammen etwa 100 Kronen, d. i. 10 Kronen für 1 laufenden Meter.

4. 10 laufend. Meter Querflechtwerk 2. Ranges nach Figg. 97, 98 und 99, Seite 349 u. 350, 40—60 cm hoch, mit 2 Faschinenvorlagen, mit Weidenstecklingen bepflanzt, ohne Fundamentaushub, herstellen:
Materialbedarf: 0,44 fm Holz, 4,5 rm. Flecht- und Faschinenmateriale und zwar 18 Pfähle (14 Stück 1,5 m lang, 4 Stück 1 m lang) im Mittel 15 cm stark, 800 Weidenstecklinge, 2 rm. Faschinenmaterial und 2,5 rm. Flechtreisig.
Arbeitsaufwand: Entasten, Zurichten von 2,5 rm. Flechtreisig à 0,25 Handlangerschichten; Schälen, Zuspitzen, Einsetzen der Pfähle auf 1 m Tiefe, Herstellen des Geflechtes, Einsetzen der Stecklinge 7,5 Handlangerschichten; Legen der Faschinen 0,3 Handlangerschichten.
5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.
In Böhmen zusammen etwa 40 Kronen, d. i. 4 Kronen für 1 laufenden Meter.

5. 10 laufend. Meter Faschinenquerwerk nach Figg. 105, 106 u. 107, Seite 352 u. 353, ohne Fundamentaushub herstellen:
Materialbedarf: 0,06 fm Holz und zwar 7 Pfähle, 80 cm lang und 12 cm stark und 1,7 rm. Faschinenreisig; 800 Weidenstecklinge.
Arbeitsaufwand: Zuspitzen und Einsetzen der Pfähle auf 0,6 m Tiefe und Legen der Faschinen 1,5 Handlangerschichten.
5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.
In Böhmen zusammen etwa 10 Kronen, d. i. 1 Krone für 1 laufenden Meter.

6. 10 laufend. Meter einreihiges Längsflechtwerk nach Fig. 124, Seite 360, 40—60 cm hoch, mit Erde hinterfüllt und mit Weidenstecklingen bepflanzt, ohne Fundamentaushub, herstellen:

Materialbedarf: 0,37 fm Holz und zwar 14 Pfähle, 1,5 m lang, 15 cm stark und 2,5 rm Flechtreisig. 800 Weidenstecklinge.

Arbeitsaufwand: Entasten und Zurichten von 2,5 rm Flechtreisig à 0,25 Handlangerschichten; Schälen, Zuspitzen, Einsetzen der Pfähle auf 1 m Tiefe, Herstellen des Geflechtes, Bepflanzen mit Stecklingen, 7,5 Handlangerschichten.

5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

In Böhmen zusammen etwa 30 Kronen, d. i. 3 Kronen für 1 laufenden Meter.

7. 10 laufend. Meter doppelreihiges Längsflechtwerk nach Fig. 125, Seite 360, 90 cm hoch, sonst wie vor herstellen:

Materialbedarf: 0,81 fm Holz und zwar 27 Pfähle, 1,7 m lang, 15 cm stark; 6,15 rm Flechtmateriale; 1200 Stück Weidenstecklinge.

Arbeitsaufwand: Entasten und Zurichten von 6,15 rm Flechtmateriale à 0,25 Handlangerschichten; Schälen, Zuspitzen, Einsetzen der Pfähle auf 1 m Tiefe, Herstellen des Geflechtes, Bepflanzen mit Stecklingen, 14 Handlangerschichten.

5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

In Böhmen zusammen etwa 60 Kronen, d. i. 6 Kronen für 1 laufenden Meter.

Die Kosten der Flecht- und Faschinenwerke nach Demontzey[14]), Posten 8 bis einschl. 13, stellen sich wie folgt:

8. Faschinenwerk 1. Ranges, Fig. 108, Seite 353, 1 m hoch, mit vier Reihen Faschinen von 6 m Länge an der Krone, für 1 laufenden Meter, Material und Arbeit 5 Frcs.

9. Faschinenwerk 2. Ranges, Fig. 108, Seite 353, 0,3 m hoch und mit zwei Reihen Faschinen von 6 m Länge für 1 laufenden Meter, Material und Arbeit 1,50 Frcs.

10. Flechtwerk 1. Ranges, 1. Typus, Fig. 104, Seite 351, 1,4 m hoch und 15 m Spannweite, mit Langschwelle und Bändern, Material und Arbeit 173,40 Frcs.

11. Flechtwerk 1. Ranges, 2. Typus, Fig. 103, Seite 351. 1,2 m hoch, 6 m Spannweite, mit eingelassener Langschwelle für 1 laufenden Meter, Material und Arbeit 8,03 Frcs.

12. Flechtwerk 2. Ranges, Fig. 103, Seite 351, 50 cm hoch, 6 m lang, für 1 laufenden Meter, Material und Arbeit 2,00 Frcs.

13. Querflechtwerk für Verlandungen, 0,7 m hoch, 10 m Spannweite, für 1 laufenden Meter, Material und Arbeit 4,50 Frcs.

14. 1 laufend. Meter einreihige Verlandungstraverse, Fig. 134, Seite 363, 0,6 m hoch, herstellen:

Materialbedarf: 2 Pfähle 1,2 m lang, 6,5 cm stark, 0,5 rm Faschinenreisig.

Arbeitsaufwand: 0,2 Handlangerschichten.

5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

15. 1 laufend. Meter zweireihige Verlandungstraverse, Fig. 135, Seite 363, 1,0 m hoch herstellen:
Materialbedarf: 5 Pfähle, 2 m lang, 7,5 cm stark, 1,5 rm. Faschinenreisig.
Arbeitsaufwand: 0,64 Handlangerschichten.
5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

16. 1 laufend Meter, dreireihige Verlandungstraverse, Fig. 136, Seite 363, 1,5 m hoch herstellen:
Materialbedarf: 5 Pfähle, 2,5 m lang, 9 cm stark; 2 Pfähle, 1,5 m lang, 7,5 cm stark, 2,5 rm. Faschinenreisig.
Arbeitsaufwand: 0,84 Handlangerschichten.
5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

17. 1 laufend. Meter vierreihige Verlandungstraverse, Fig. 137, Seite 363, 1,8 m bis 2 m hoch herstellen:
Materialbedarf: 4 Pfähle 2 m lang, 7,5 cm stark; 4 Pfähle 2,2 m lang, 8,0 cm stark; 3,0 rm Faschinenreisig.
Arbeitsaufwand: 1,24 Handlangerschichten.
5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

18. 1 laufend. Meter Sinkwalzenbau nach Fig. 126, Seite 361, ohne Steinvorlage herstellen:
Materialbedarf: 1,75 rm. Faschinenmateriale, 2 Pfähle 2,5 m lang und 10 cm stark, 0,54 kg Eisendraht, 3 mm stark, 20 Weidenstecklinge.
Arbeitsaufwand: Gerüstherstellung, Entfernen desselben 0,14 Handlangerschichten; Herstellen und Herablassen der Walze 0,56 Handlangerschichten; Montieren, Einrammen und Abschneiden der Pfähle 0,4 Handlangerschichten; Bepflanzen der Walze 0,06 Handlangerschichten.
5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.
Die Ansätze 14 bis einschließlich 18 gründen sich auf Verhältnisse in Mähren.

19. 1 laufend. Meter Faschinendamm nach Figg. 139, 140, Seite 365 u. Figg. 141 u. 142, Seite 366, System Seeling, ohne Fundamentaushub, herstellen:
Materialbedarf: 8 Stück 3,5 m lange Waldfaschinen, 2 Stück 2 m lange und 2 Stück 1,5—1,8 m lange Pfähle, 0,8 kg Draht.
Arbeitsaufwand: Herstellung des Dammes 0,75 Handlangerschichten.
5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.
In Galizien stellt sich der laufende Meter zwischen 3 und 4,5 Kronen.

20. 1 m² Faschinenspreitlage, 0,15 m stark, als Uferdeckwerk oder als Bettung gegen Auskolkung herstellen:
Materialbedarf: 0,4 rm Faschinenmaterial, 1 m Wippen, 3 Pflöcke, 1 m lang, 0,1 m stark, 0,2 m³ Schotter zur Deckung.
Arbeitsaufwand: 0,2 Handlangerschichten.
5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.
Nach Verhältnissen in Niederösterreich.

21. 1 laufend. Meter Uferversicherung nach Fig. 169 u. 170, Seite 401, bestehend aus einem doppelten Längsflechtzaun mit schief eingelegter Spreitlage aus ausschlagfähigem Materiale, wobei die 1,2 m langen, 8 cm starken Flechtzaunpflöcke in Entfernungen von je 0,5 m auf 1,0 m Tiefe eingeschlagen und auf 0,2 m Höhe verflochten werden, ferner die 5 cm starke Spreitlage mit einer 10 cm starken Materialschicht überdeckt wird, erfordert zur Herstellung bei 1 m Flechtzaundistanz ohne Materialaushub:

Materialbedarf: 4 Pflöcke je 1,2 m lang, 8 cm stark. 0,1 rm Faschinenmaterial.

Arbeitsaufwand: 0,4 Handlangerschichten für das Einschlagen der Pflöcke, die Herstellung der Verflechtung und Spreitlage und das Ueberdecken der letzteren mit Material.

5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

22. 1 laufend. Meter Pfahltraverse nach Fig. 169, Seite 401, wobei die durchschnittlich 1,5 m langen, 12 cm starken Pfähle in abwechselnden Reihen von 0,5 m Abstand bei 0,4 m Pfahldistanz auf 1 m Tiefe in den Boden eingeschlagen werden, die Oberfläche mit einer 0,5 m starken rusticalen Pflasterung zwischen den Pfählen versehen und vor der Pfahltraverse eine pilotierte Langschwelle angebracht wird, erfordert zur Herstellung ohne Materialaushub:

Materialbedarf: 25 Pfähle 1,5 m lang, 0,12 m stark; 1 laufend. Meter Langschwelle 0,15 m stark; 2,7 m^3 Bruchsteine, Findlinge oder große Klaubsteine.

Arbeitsaufwand: 4 Handlangerschichten für das Einschlagen der Pfähle, 0,1 Zimmermannsschicht für das Abschneiden der Pfähle und das Einbauen der Langschwelle; 0,4 Maurerschichten, 0,8 Handlangerschichten für die Herstellung der rusticalen Pflasterung von 4,5 m^2 Fläche.

5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

D. Skarpierung, Entwässerung, Lehnenbindung.

1. 1 m^2 Bruchlehne skarpieren, bis zu einem Böschungsverhältnis von etwa 1 : 1,5.

Arbeitsaufwand: 0,05 Handlangerschichten.

2. 100 laufend. Meter Lehnenverflechtung mit 1 m langen, in Abständen von 60 cm, 80 cm tief eingeschlagenen Pflöcken herstellen:

Materialbedarf. 170 Stück Pflöcke, 25 Stück 3 m lange etwa 30 cm starke Waldfaschinen.

Arbeitsaufwand: 7 Handlangerschichten.

5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

3. 100 m^2 Rasenschalen oder Rasenbelag herstellen:

Materialbedarf: 100 m^2 Rasen, 0,4 fm Holz und zwar 2000 Stück Rasennägel, 20 cm lang, 2—3 cm stark.

Arbeitsaufwand: 15 Handlangerschichten zur Gewinnung des Rasens, Erzeugung der Rasennägel, Legen und Befestigen des Rasens.

5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

Die Ansätze 1, 2, 3 gründen sich auf Verhältnisse in Böhmen.

4. 1 laufend. Meter mit Stein gefüllten Sickerschlitzes ausführen, durchschnittlich 1 m tief, samt Herstellung der Dohle, Füllung und Abpflasterung der Oberfläche, ohne Erdaushub:

Materialbedarf: Klaub- oder Bruchsteine, je nach Profil des Schlitzes und Art der Herstellung.

Arbeitsaufwand: 0,5 Handlangerschichten, 0,25 Maurer- oder Zimmermannsschichten.

5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

Bei tieferen Entwässerungsgräben ist auf die mit den Bölzungen verbundenen Kosten Rücksicht zu nehmen.

E. Berasungen, Aufforstungen.

1. 1 ha skarpierte Fläche mit Grassamen besäen:

Materialbedarf: 50 kg Samen.

Arbeitsaufwand: 4 Handlangerschichten.

2. 1 ha skarpierte Fläche mit 2—3jährigen Pflanzen aufforsten:
Materialbedarf: Pflanzenerfordernis je nach Pflanzweite, 6000—10000 Stück.
Arbeitsaufwand: 40 Tagschichten.

5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

3. 1 ha verödeten Boden, trockenen Schotterboden, mit Weidenstecklingen aufforsten, bei 0,5 m Reihenverband und 0,2 m Pflanzenverband.

Materialbedarf: 100000 Stück Weidenstecklinge.

Arbeitsaufwand: 120 Handlangerschichten für das Setzen der Stecklinge, Herstellung der nötigen Rillen und Zutragen fruchtbarer Erde.

5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

Die Ansätze 1, 2 und 3 gründen sich auf Verhältnisse in Galizien.

4. 1 ha Hutweiden und Oedländereien im Dreiecksverbande, 1,25 m Abstand aufforsten, wobei die in Saatkämpen zu erziehenden Pflanzen zur Verwendung kommen. Die Kulturfläche wird plätzeweise ca. 25 cm im Quadrat und 15 cm tief bearbeitet, in etwa 1/4 der Tiefe der Pflanzlöcher Kulturerde beigegeben und pro 1 Loch 1 oder 2 Pflanzen ausgepflanzt:

Materialbedarf: ca. 11000 Pflanzen, 7,4 m^3 Kulturerde.

Arbeitsaufwand: Ausheben der Pflanzen 2,2 Handlangerschichten; Herstellen der Pflanzlöcher 21 Handlangerschichten; Einsetzen der Pflanzen 23 Handlangerschichten (Weiber); Verteilen der Kulturerde 3,7 Handlangerschichten.

5 % des Arbeitsaufwandes für Aufsicht und Requisiten.

Diese Ansätze gründen sich auf Verhältnisse in Böhmen.

Die Aufforstung von Lawinenstrichen stellt sich in der Regel noch höher als jene von Bruchflächen. So schwanken z. B. die Kosten in Vorarlberg von 370—650 Kronen pro 1 ha. Die Arbeitslöhne einerseits sind in der Regel hohe und es leiden die Pflanzungen nicht selten durch die oft nötige Verstärkung und Ausbesserung der vorhandenen Schutzbauten, so insbesondere der Trockenmauern, wo solche errichtet wurden, dann durch Barfröste, mitunter auch durch den üppigen Graswuchs. Nachbesserungen sind daher sehr häufig notwendig.

Zu der vorstehenden Ableitung der Einheitspreise wäre noch hinzuzufügen, dass es mitunter möglich sein kann, das bei der Fundierung etwa gewonnene Steinmaterial zum Bau zu verwenden, worauf dann bei Festsetzung des Materialbedarfes und Bewertung desselben Rücksicht zu nehmen ist.

Im Kostenvoranschlage ist auf die Kosten der nötigen Wasserableitungen, auf die Herstellung von Baracken und von etwa größeren Rollbahnen, auf die Kosten der Bauleitung, dann aber auch auf jene der Kranken- und Unfallversicherung Rücksicht zu nehmen. Für den Eintritt unvorhergesehener Elementarereignisse, wie solche in Wildbächen nicht selten sind, ist im Voranschlage vorzusorgen.

Es hat die Erfahrung gelehrt, dass eine 20prozentige Quote des reinen Bauerfordernisses in der Regel für Bauleitungs-, Kranken- und Unfallversicherungskosten, sowie für Behebung von Elementarschäden während des Baues ausreicht.

IX.

Die Wildbachverbauung in den einzelnen Kulturstaaten.

Mit diesem Abschnitte soll versucht werden, ein beiläufiges Bild der bisherigen systematischen Thätigkeit auf dem Gebiete der Wildbachverbauung und der damit im Zusammenhange stehenden Aufforstung kahler Gebirgsgründe zu entwerfen. Es kann dieses Bild nur ein beiläufiges sein, denn es gelang nicht in allen Fällen, die erforderlichen, wenn auch nur sehr kargen Anhaltspunkte im Gegenstande zu erhalten.

Dass Europa in gedachter Richtung allen anderen Weltteilen vorangeht, ist durch die am weitesten zurückreichende, außerordentliche Wertschätzung seines Grundes und Bodens bedingt.

Der zwischen der Nord- und Ostsee einerseits und dem Mittelmeer anderseits gelegene Stamm Europas, das sogenannte Mitteleuropa, die eigentlichen europäischen Kulturstaaten umfassend, erscheint in seinem südlichen Teile von dem mächtigen Gebirgszuge der Alpen erfüllt, der sich in einem großen Bogen von der Küste des mittelländischen Meeres bis gegen Wien zieht. An ihn schließen sich jenseits der Donau die Karpathen an und diese beiden Gebirgszüge im Vereine mit zahlreichen, sich mehr oder minder anschließenden und abzweigenden Berg- und Hügelketten bilden sozusagen das Rückgrat des alten Europas, von welchem aus die Wasseradern wie belebende Nerven nach allen Richtungen ausströmen und fruchtbringend in die Ebenen hinabfließen.

Unzweifelhaft sind es die Verhältnisse in den reichgegliederten und zu den regenreichsten Gebieten des Kontinents gehörigen Alpen, welche die Aufmerksamkeit im Hinblick auf die Regelung

der Wasserabflussverhältnisse am meisten erheischen und für die in Betracht kommenden Kulturstaaten, Frankreich, Deutschland, Oesterreich-Ungarn, die Schweiz und Italien, von der größten Wichtigkeit sind. Naturgemäß sind es denn auch die meisten dieser Staaten, welche sich dermalen an der Arbeit der Wildbachverbauung beteiligen und bestrebt sind, die Erhaltung des Gebirgslandes zum Schutze seiner Bewohner und zum Schutze der sich anschließenden Berg- und Hügelländer, sowie fruchtbaren Ebenen zu sichern.

Alle anderen Staaten kommen in weiterer Reihe in Betracht.

Oesterreich-Ungarn.

Gesetzliche Grundlage und Einrichtung des Dienstes.

Wenn bei Aufzählung der Kulturstaaten, welche sich mit der Frage der Verbauung der Wildbäche ernstlich beschäftigen, mit Oesterreich-Ungarn begonnen wird, so ist der Grund hiefür in dem Umstande zu suchen, dass es dem Verfasser möglich ist, bezüglich der Thätigkeit dieses Staates ein ziemlich umfassendes Bild zu liefern. Hiebei kommt allerdings vorwiegend nur die eine Reichshälfte, Oesterreich in Betracht, denn es ist, soweit bekannt, in der anderen, Ungarn, eine besondere Thätigkeit auf dem Gebiete der Wildbachverbauung dermalen noch nicht zu verzeichnen.

In Oesterreich gab, obzwar auch schon früher einzelne beachtenswerte einschlägige Arbeiten zur Ausführung kamen, die Hochwasser-Katastrophe des Jahres 1882, wie das an anderer Stelle hervorgehoben wurde, Anlass zur Inangriffnahme systematischer, umfangreicher Verbauungen.

Bereits im Jahre 1883 wurden vom Ackerbauministerium Gesetzesvorlagen, betreffend die Förderung der Landeskultur auf dem Gebiete des Wasserbaues und betreffend die Vorkehrungen zur unschädlichen Ableitung von Gebirgswässern eingebracht und im Jahre 1884 der verfassungsmäßigen Behandlung unterzogen. Nach Erhalt der kaiserlichen Sanktion wurden die beiden, ihrem Inhalte nach am Schlusse dieses Kapitels vollständig angeführten Gesetze unterm 30. Juni 1884, R.-G.-Bl. Nr. 116 und 117, kundgemacht. Beide Gesetze, namentlich das letztere vom 30. Juni 1884, R.-

G.-Bl. Nr. 117, boten die Grundlage für die Einrichtung des jetzt in Oesterreich bestehenden Wildbachverbauungsdienstes.

In Anbetracht der bedeutenden, durch Wildwässer im Jahre 1882 in Tirol angerichteten Schäden und der weiterhin drohenden Gefahren wurde in diesem Lande noch vor dem Erscheinen obiger Gesetze mit der Durchführung von Verbauungen begonnen. Die Leitung der einschlägigen, durch die Forsttechniker der politischen Verwaltung und durch die für diesen Zweck vom Lande eigens bestellten Forstassistenten zu bewerkstelligenden Arbeiten wurde der auf Grund des Gesetzes vom 13. März 1883, R.-G.-Bl. Nr. 31 eingesetzten Landeskommission für die Regulierung der Gewässer in Tirol übertragen.

Auch für Kärnten wurden schon mit den Gesetzen vom 27. April 1884, R.-G.-Bl. Nr. 68, und L.-G.-Bl. Nr. 14, sohin noch vor dem Erscheinen der bezogenen Reichsgesetze vom 30. Juni 1884, ausführliche Bestimmungen hinsichtlich der Drauregulierung und der Verbauung der zu diesem Flussgebiete gehörigen Wildbäche erlassen.

Gleichzeitig mit der Schaffung der allgemeinen finanziellen und gesetzlichen Grundlage für die Aktion der Wildbachverbauung, sowie gleichzeitig mit der Bildung eigener Fonds und eigener Landeskommissionen für Tirol und Kärnten, erfolgte die Einrichtung des Wildbachverbauungsdienstes.

Mit der Verordnung des Ackerbauministeriums vom 5. Juni 1884, wurde eine forsttechnische Abteilung für Wildbachverbauung unter unmittelbarer Unterordnung unter das Ackerbauministerium errichtet und in zwei Sektionen mit den Amtssitzen in Villach und Teschen gegliedert.

Der Sektion in Villach, als Südsektion, waren die Länder Kärnten, Küstenland, Krain, Steiermark, Salzburg, Ober- und Niederösterreich, dann Tirol und Vorarlberg, die beiden letzteren jedoch nur insoweit zugewiesen, als es sich nicht um Aufgaben handelte, welche der Landeskommission für die Regulierung der Gewässer in Tirol oblagen.

Die Sektion in Teschen, als Nordsektion, umfasste die Länder Böhmen, Mähren, Schlesien, Galizien und Bukowina. Eventuelle Arbeiten in Dalmatien sollten unter Leitung des dortigen Landesforstinspektors von den Forsttechnikern der politischen Verwaltung durchgeführt werden.

Um auch in Hinkunft ein mit der Theorie des Verbauungs-

wesens vertrautes Personal zur Verfügung zu haben, ist mit der Verordnung des Ackerbauministeriums vom 11. Juli 1884, für die Aspiranten des Staatsforstdienstes die Verpflichtung erwachsen, den Nachweis über den Besuch eines an der Hochschule für Bodenkultur in Wien abzuhaltenden Kurses über das System der Wildbachverbauung, sowie über die aus diesem Gegenstande mit gutem Erfolge bestandene Prüfung zu erbringen.

Mit der Einrichtung des Verbauungswesens im innigen Zusammenhange stehend und den inneren Dienst regelnd, sind die Verordnungen des Ackerbauministeriums vom 18. Dezember 1885, R.-G.-Bl. Nr. 2 ex 1886, und vom 7. Februar 1888, R.-G.-Bl. Nr. 17, sowie ein Erlass des Ackerbauministeriums vom 2. September 1888. Sie betreffen der Reihe nach die Einrichtung und Vorlage der Generalprojekte für Unternehmen zur unschädlichen Ableitung von Gebirgswässern, die Beistellung staatlicher Organe zur Projektierung und Leitung von Wildbachverbauungen, sowie die Dienstesinstruktion dieser Organe.

Im Sinne dieser letzteren Instruktion haben die Organe über Auftrag des Ackerbauministeriums die Arbeiten und Maßnahmen zur unschädlichen Ableitung von Gebirgswässern, Wildbachverbauungen, zu projektieren und deren Ausführung zu leiten, sowie über Auftrag des Ackerbauministeriums oder über Ersuchen einer politischen Landesbehörde die etwa von anderer Seite verfassten Projekte über Wildbachverbauungen zu prüfen.

Bei Erfüllung dieser Aufgabe hat die forsttechnische Abteilung für Wildbachverbauung in technischer Hinsicht insbesondere die Rückstauung der beweglichen Geschiebsmassen, Festigung der Bachsohle, Befestigung und Bindung der angebrochenen Lehnen, Sicherung der Lehnenfüße vor Unterwaschungen und Unterwühlungen, Ableitung der Quellen und der Sickerwässer im Rutschterrain mittelst Drainage und Schlitzen, Aufforstung und Wiederbedeckung des nackten Rutschterrains und die sonst geeigneten forstlichen Maßnahmen zur Herbeiführung eines zweckentsprechenden Zustandes der Waldungen im Niederschlagsgebiete in das Auge zu fassen.

Die Arbeiten der Wildbachverbauung sind in der Regel in Regie auszuführen; nur jene, die nach Quantität und Qualität leicht kontrolierbar sind, können an vertrauenswürdige Personen im Handakkord vergeben werden.

Abweichungen von den genehmigten Projekten können nur in

besonderen Fällen vorgenommen werden und bedürfen im allgemeinen der Genehmigung des Ackerbauministeriums.

Bei Verwendung von Sträflingen für die Arbeiten in den einzelnen Arbeitsfeldern sind die vom Ackerbauministerium getroffenen Vereinbarungen, beziehungsweise die auf Grund derselben von der Strafhausverwaltung getroffenen Verfügungen maßgebend.

Wenn der Ackerbauminister gestattet, dass eine Wildbachverbauung, welche nicht vom Staate — wenn auch mit dessen Beihilfe — unternommen wird, unter der Leitung einer Sektion der forsttechnischen Abteilung für Wildbachverbauung ausgeführt werde, so tritt an Stelle des Ackerbauministeriums bei Entscheidungen hinsichtlich Akkordverhandlungen und Abweichungen vom Projekte, bei Prüfung der monatlichen Baurechnungen, im Falle der Meldung ungenügenden Baukredits, bei Kollaudierungen und hinsichtlich der Vorlage des jährlichen Schlussberichtes jene Stelle, Landesausschuss, Kommission etc., welcher die administrative Leitung der Verbauungsunternehmung zusteht.

Insofern in einem solchen Falle noch andere Aenderungen in den Bestimmungen dieser allgemeinen Instruktion eintreten sollten, wird dies besonders festgesetzt und der betreffenden Sektion bekannt gegeben.

Die fortschreitende Arbeitszunahme machte eine Vermehrung der Sektionen und ihres Personals nötig und es setzt sich die forsttechnische Abteilung für Wildbachverbauung dermalen aus den folgenden Sektionen zusammen:

Sektion in Sambor für Galizien und die Bukowina;

Sektion in Kgl. Weinberge für Böhmen, Mähren und Schlesien;

Sektion in Linz für Oberösterreich, Niederösterreich, Salzburg und Steiermark;

Sektion in Villach für Kärnten, Krain und Küstenland;

Sektion in Zara für Dalmatien;

Sektion in Innsbruck für Tirol und Vorarlberg.

Die der Landeskommission in Tirol etwa noch zukommenden Wildbachverbauungsagenden sind der Sektion in Innsbruck anvertraut.

Der forsttechnischen Abteilung für Wildbachverbauung waren mit Ende 1901 zugeteilt:

3 Forsträte,

6 Oberforst-Kommissäre,

17 Forstinspektions-Kommissäre I. Klasse,

23 Forstinspektions-Kommissäre II. Klasse,
26 Forstpraktikanten,
zusammen 75 Organe.

Die Zahl der Organe wurde im Jahre 1902 bereits auf nahezu 100 erhöht.

Den erhöhten Bedürfnissen entsprechend, wurde der staatliche Meliorationsfond, der im Sinne des Gesetzes vom 30. Juni 1884 R.-G.-Bl. Nr. 110 mit 1000000 Kronen jährlich festgesetzt war, mit dem Gesetze vom 24. Januar 1902, R.-G.-Bl. Nr. 28, bis einschließlich zum Jahre 1914, auf 4000000 Kronen erhöht.

Außerdem werden im Sinne des erstgenannten Gesetzes kleinere Unternehmen aus einem dem Ackerbauministerium zur Verfügung stehenden Kredite unterstützt, welcher dermalen jährlich 1042000 Kronen beträgt.

Bezüglich der beiden Gesetze vom 30. Juni 1884 R.-G.-Bl. Nr. 116 und 117 ist hervorzuheben, dass dieselben im allgemeinen als mustergiltig hingestellt werden können. Es geht das letztere Gesetz über die Grenzen des französischen Gesetzes vom Jahre 1882 insofern hinaus, als es die baulichen Maßregeln mehr ins Auge fasst, dagegen die Aufforstung, Regelung der Weide nur als Bestandteil des Verbauungssystems in Betracht zieht. Insoweit das Gesetz mit der Verordnung vom 18. Dezember 1885 R.-G.-Bl. Nr. 2 ex 1886, betreffend die Verfassung und Vorlage der Detailprojekte verquickt ist und insoweit die aus der französischen bezüglichen Gesetzgebung entnommene Erklärung der öffentlichen Nützlichkeit in Frage kommt, muss demselben eine gewisse Schwerfälligkeit zum Vorwurf gemacht werden. Als gleichfalls schwerfällig muss die im Sinne des ersten Gesetzes ausgesprochene Notwendigkeit der landesgesetzlichen Regelung im Falle der Unterstützung des Unternehmens aus dem Meliorationsfonde angesehen werden und es ist auch die in diesem Gesetze ausgesprochene Maximalbeitragsquote des Staates im Ausmaße von 50 Proz. des Erfordernisses nicht geeignet, dem Bedürfnisse gerade der finanziell in der Regel schwachen Gebirgsländer zu entsprechen. So kommt es, dass finanziell kräftigere Länder den Meliorationsfond in erhöhtem Maße in Anspruch nehmen können, was dem eigentlichen Zwecke dieses Fondes gewiss nicht entspricht.

Die vorerwähnte Einrichtung des Wildbachverbauungsdienstes in Oesterreich, wonach die Forsttechniker mit der Durchführung der einschlägigen Arbeiten betraut erscheinen, hat

zu mancherlei kritischen Bemerkungen Anlass gegeben. Bezüglich der Einrichtung des Wildbachverbauungsdienstes nach dieser Richtung hin liegen eigentlich nur wenig bestimmte Anträge vor.

Zuerst war es Aretin[152], welcher, wie an anderer Stelle bemerkt, die Schaffung besonderer Kommissionen im Auge hatte.

Weber[149] vertritt den Standpunkt, es sei für die Wildbachverbauung ein gemeinsames Wirken des Ingenieurs und des Forstpersonales, also eine Aktion mit einem vereinten Personale erforderlich. Diesem Personale wären aber nur die seitlichen Zuflüsse kleinerer Art, bis etwa 3 Kilometer Länge, die Abrutschungen ganzer Seitenhänge u. s. w. anzuvertrauen. Während die Regulierung eines ganzen Thales in der Hand des bauleitenden Ingenieurs sein soll, könnten die einzelnen mobilen Bodenbefestigungs-Korps, wie sie Weber nennt, von einander ganz unabhängig sein. Jedes Bodenbefestigungs-Korps, dem ein Ingenieur vorzustehen hätte und ein Forsttechniker als Adlatus beizugeben wäre, erhielte bestimmte Bachgebiete zur Bearbeitung, innerhalb deren es nach und nach die einzelnen Perimetres derart zu verbauen und zu bewalden hätte, wie es in Frankreich geschieht.

Die einzelnen Korps könnten unmittelbar dem Ministerium unterstehen und je nach Bedarf in das eine oder andere Kronland entsendet werden. An der Spitze des Bodenbefestigungsdienstes könnte immerhin ein Forsttechniker stehen.

Dieser Gedanke Webers erscheint eigentlich insofern durch die gegenwärtige Einrichtung verwirklicht, als die bestehenden, dem Ackerbauministerium unterstehenden Sektionen diese Bodenbefestigungskorps bilden, die sich wieder, je nach dem jeweiligen Bedürfnisse, in Bauleitungen und Lokalbauführungen gliedern. Ein wesentlicher Unterschied besteht allerdings darin, dass das Personal der Sektionen nur aus Forsttechnikern gebildet ist.

Nun unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass sich über die Frage, wem die Durchführung der Wildbachverbauungen, insoweit es sich um Bauherstellungen handelt, zu übertragen sei, streiten lässt.

Unter allen Umständen ist der Wettstreit ein edler, und sicher ist, dass sowohl Bau- als Forsttechniker der Aufgabe gewachsen sein werden. Doch ist der Standpunkt zu vertreten, dass im Rahmen einer systematischen Wildbachverbauung in der Regel nur gewisse, nicht in das Gebiet der Kunstbauten fallende bauliche Vorkehrungen die vielfach große Arbeit der

Wiederbewaldung, der Berasung und sonstiger wirtschaftlicher Einrichtungen unterstützen sollen, weshalb, da eine Arbeitsteilung des nötigen Zusammenhanges der Arbeiten wegen nicht ratsam ist, der Forsttechniker, unter Voraussetzung einer entsprechenden Vorbildung, als der zur Durchführung Berufene angesehen werden muss. Hiezu kommt noch, dass derselbe vermöge seines Berufes öfter und leichter in die Lage kommt, die Wirkung der Bäche im Inneren der Gebirge zu beobachten sowie die entsprechenden Gegenmaßregeln zu erkennen.

Auf die Einrichtung des Dienstes in anderen Staaten wird bei Besprechung dieser zurückgekommen werden.

Die bisherigen Leistungen auf dem Gebiete der Wildbachverbauung.

Ueber die fortschreitenden Leistungen auf dem Gebiete der Wildbachverbauung in Oesterreich seit 1882 geben die in den Fußnoten [311—316]) angeführten Abhandlungen Aufschluss. Das vom Ackerbau-Ministerium herausgegebene Werk: Die Wildbachverbauung in den Jahren 1883—1895 [179]), enthält Ausführliches über die Thätigkeit in der genannten Zeitperiode.

Die Tafel Nr. 6, Seite 426 und 427, enthält die Leistungen seit 1883 bis Schluss 1901 u. zw. insoweit sie die Thätigkeit der staatlichen Forsttechniker betreffen, wobei zu bemerken ist, dass jene zahlreichen Aufforstungen nicht berücksichtigt sind, die über Anregung der Organe der Wildbachverbauung auf Grund des Forstgesetzes durchgeführt werden mussten.

Was Ungarn anbelangt, so ist man dort seit mehr als

311) „Fortschritt und Erfolg auf dem Gebiete der Wildbachverbauung“; von Ferdinand Wang. Vortrag. Wien 1889.

312) „Die Systeme der Wildbachverbauung“; von demselben. Vortrag. Wien 1889.

313) „Fortschritt und Erfolg auf dem Gebiete der Wildbachverbauung“; Im Auftrage des k. k. Ackerbau-Ministeriums zusammengestellt von demselben. Wien 1890.

314) „Ueber den neuesten Stand der Wildbachverbauung in Oesterreich“; von demselben. Oesterreichische Wochenschrift für Forstwesen. 4. Heft. 1894.

315) „Die Wildbachverbauungen in Tirol, 1883 bis 1893.“ Denkschrift der Landeskommission für die Regulierung der Gewässer in Tirol. Innsbruck 1895.

316) „Die staatliche Thätigkeit auf dem Gebiete der Wildbachverbauung.“ Oesterr. Monatsschrift für den öffentlichen Baudienst, Heft 7, 1898 und österr. Forst- und Jagdzeitung, Nr. 9, 1899.

20 Jahren bestrebt, die Wiederaufforstung kahler Böden nach jeder Richtung hin zu fördern, und wendet auch der Wildbachverbauung, wo diese Not thut, in neuerer Zeit Aufmerksamkeit zu.

Während nach dem ungarischen Forstgesetze vom Jahre 1879 ein Zwang zur Aufforstung von Gründen, welche, weil verrunst oder in Absitzung begriffen, das umliegende Gelände bedrohten, nicht ausgeübt werden konnte, ist dies auf Grund des Gesetzes vom Jahre 1898 möglich.

Ein eigenes, die Wildbachverbauungen betreffendes Gesetz besitzt Ungarn bisher noch nicht. Wohl wurde aber ein solches für Kroatien und zwar unterm 22. Oktober 1895 in ähnlicher Fassung und mit ähnlichen Absichten wie das österreichische, geschaffen.

Allerdings stehen auch die Verhältnisse, welche zu einer derartigen Gesetzgebung notgedrungen führen mussten, im allgemeinen in Kroatien schlechter als im benachbarten Ungarn. Es genügt diesbezüglich auf den kroatischen Karst hinzuweisen, welcher dem Lande das wichtigste Objekt nicht allein für Wiederaufforstung, sondern auch für Wildbachverbauung liefert.

Ueber die einschlägigen Verhältnisse geben die in den Fußnoten[317—320]) angegebenen Abhandlungen Aufschluss. Anlässlich der Weltausstellung in Paris 1900, hat Ungarn eine Reihe wissenswerter, das Forstwesen betreffende Abhandlungen veröffentlicht, welche sich in der in Nr. 43 der österr. Forst- und Jagdzeitung, Jahrgang 1900[110]), gegebenen Sammlung der Pariser Weltausstellungs-Gelegenheitsschriften angeführt finden.

Die Verwendung von Sträflingen und Zwänglingen bei Wildbachverbauungen.

Schon in den ersten Jahren, in welchen sich eine regere Thätigkeit auf dem Gebiete der Wildbachverbauung in Oesterreich entwickelte, tauchte der Gedanke auf, zu diesen Arbeiten Sträflinge oder Zwänglinge heranzuziehen.

317) „Die Wiederbewaldung und Wildbachverbauung in Ungarn und in Kroatien-Slavonien auf der Weltausstellung in Paris". Oesterreichische Monatsschrift für den öffentlichen Baudienst, Heft 1, 1901.

318) „Die Forstwirtschaft Ungarns." Oesterr. Vierteljahresschrift für Forstwesen, III. Helt, 1901.

319) „Die Regulierung und Verbauung von Wildbächen und Wasserrinnen in Kroatien"; Oesterr. Forst- und Jagdzeitung, Nr. 47, 1902.

320) „Die Wildbachverbauung in Kroatien-Slavonien; Centralblatt für das gesamte Forstwesen, Heft 12, 1902.

Tafel

Sektion	Land	Der Perimeter		Arbeits-			
				Querbauten aus			
				Stein		Holz	
				Thalsperren, Grundschwellen einschl. Steinkastenbauten		Einwandige Stammholz-, dann Flecht- und Faschinenwerke	
		An-zahl	Fläche in ha	An-zahl	Inhalt in m^3	An-zahl	Länge in m
Sambor	Galizien	64	270.538	213	13.167	2.171	19.756
	Bukowina	4	320.000	9	864	113	1.078
kgl. Weinberge	Böhmen	261	13.588	523	11.697	10.313	66.674
	Mähren	39	68.960	30	902	1.233	7.610
	Schlesien	23	33.339	479	24.896	1.568	13.117
Linz	Niederösterreich	50	38.450	903	36.213	345	1.803
	Oberösterreich	14	190.812	178	25.664	645	4.684
	Salzburg	25	164.490	685	51.370	135	880
	Steiermark	12	24.568	111	8,635	170	1.363
Villach	Kärnten	48	57.156	2.104	99.018	335	2.934
	Krain	7	13.605	30	1.795	21	93
	Küstenland	10	19.318	625	21.039		
Zara	Dalmatien	45	19.297	3.002	50.780	405	1.713
Innsbruck	Tirol und Voralberg	241	405.464	9.886	339.496	3.382	29.007
Zusammen:		843	1.639.585	18.778	685.536	20.836	150.712

Die Beitragsleistung des Staates zu dem obigen Erfordernisse, dem Ackerbau-Ministerium zur Verfügung stehenden Credite für land- der Länder schwanken von 20—50 Proc.

Nr. 6

leistung bis Ende 1901

Längsbauten: Leitwerke, Buhnen, Sporne aus Stein und Holz — Länge in m	Längsbauten: Leitwerke, Buhnen, Sporne aus Stein und Holz — Inhalt in m^3	Schalenbauten (Cunetten) — Länge in m	Entwässerungsanlagen — Länge in m	Verflechtungen, Flechtzäune — Länge in m	Bachumlegungen, Korrektionen — Länge in m	Aufforstung der brüchigen Grabengehänge — Fläche in ha	Berasung der brüchigen Grabengehänge — Fläche in ha	Kostenaufwand — Kronen
40.764	65.408	6.750	3.239	112.879	47.596	173.6	13.3	1,308 226
5.231	5.231	368	1.334	5.501	2.699	3.0	—	140,593
11.238	5.005	5.208	993	11.729	2.482	436.6	36.2	1.088.020
28.401	14.133	890	714	26.509	13.344	14.4	1.3	314.276
11.403	7.975	940	18	22.473	14.464	58.1	0.1	387.758
12.466	29.468	6.580	1.358	101.125	45.762	29.4	18.4	1.725.141
34.714	69.810	4.763	13.415	7.873	9.556	29.8	7.0	2.978.290
30.340	60.265	6.933	39.685	143.288	14.017	99.7	73.5	1.567.839
6.559	7.688	344	1.647	21.729	3.834	9.0	2.0	333.516
19.271	51.274	25.210	10.909	194.294	11.571	254.8	121.3	2,247.361
295	1.209	162	—	3.224	758	2.5	2.5	112.082
2.792	3.210	73	—	5.064	1.666	14.2	2.6	93.475
11.855	14.284	8.411	2.118	3.162	4.681	427.0	—	1.204.294
53.308	141.329	47.497	43.351	556.846	9.481	1032.0	174.0	5.552.754
268.687	476.280	114.129	119.781	1.215.696	181.911	2584.3	452.2	19.053.625

sei es aus dem staatlichen Meliorationsfonde, sei es aus dem wirtschaftliche Meliorationen beträgt zumeist 50 Proc. Die Beiträge Der Rest entfällt auf die Interessenten.

Zunächst wurde in dieser Richtung im Jahre 1886 ein Versuch bei der damals im Zuge befindlichen Verbauung des Laaser Baches bei Kötschach im Gailthale in Kärnten unternommen. Am 1. Juni des genannten Jahres begannen 60 Sträflinge der Strafanstalt Laibach, bei einer Entlohnung von 1 Kr. 30 Hell. pro Tag mit dem Aushube des neuen Bettes des Laaser Baches, welches ausschließlich im Gebiete des Kulturgründe der Gemeinde Kötschach und zum Teile auch in unmittelbarer Nähe der Ortschaft gleichen Namens liegt. Die Unterbringung, Verpflegung und Ueberwachung der Sträflinge war in diesem Falle eine günstige, worauf man bei dem ersten Versuche großes Gewicht zu legen volle Ursache hatte.

Als im Laufe der Bauausführungen Gelegenheit war, sich von der Verwendbarkeit der Sträflinge auch für andere Arbeitsleistungen als den Erdaushub zu überzeugen, wurden dieselben zum Schlagen von Piloten, Herstellung von Verschalungen, in den Steinbrüchen und auch bei der Zulieferung von Bausteinen mit bestem Erfolge verwendet.

Anfangs ganz abgesondert für sich, gelangten die Sträflinge mit dem Fortschreiten der Verbauungsarbeiten gemeinsam mit den freien Arbeitern in Verwendung. Sie erwarben sich durch gute Aufführung derart das Vertrauen der Bevölkerung, dass sie zu den Löscharbeiten bei dem Brande, der im Herbste 1886 einen Teil der Ortschaft Kötschach einäscherte, herangezogen wurden, wofür sie den Dank der Ortschaftsbewohner ernteten.

Dieser erste, in jeder Richtung gelungene Versuch hatte schon in dem nächsten Jahre mehrere andere zur Folge, die sich gleichfalls als zufriedenstellend zeigten und seitdem die öftere Sträflings-, beziehungsweise Zwänglingsverwendung zu Wildbachverbauungen nach sich zogen.

Selbstverständlich waren für diese Verwendung gewisse Grundsätze maßgebend und gewisse Normen aufgestellt worden, deren in Kürze mit dem Nachfolgenden Erwähnung gethan werden soll.

Bei der Auswahl der zur Wildbachverbauung zu entsendenden Sträflinge wurde als Grundsatz festgehalten, nur solche Sträflinge zu verwenden, welche durch ihre gute Aufführung in der Anstalt und ihre Charaktereigenschaften zur Erwartung berechtigten, dass sie das ihnen durch die Einreihung in die Arbeitsabteilung entgegengebrachte Vertrauen und die ihnen hiebei gewährte größere Freiheit nicht missbrauchen werden. Im Beginne dieser Sträflings-

verwendung wurden nur Affektsverbrecher der Gemeinschaftshaft (Vergehen gegen das Leben und die körperliche Sicherheit, öffentliche Gewaltthätigkeit) und ausnahmsweise auch Sträflinge der Einzelhaft mit ihrer Einwilligung ausgewählt, Rückfällige aber hievon ausgeschlossen. Auch wurde bei der Aufstellung der Sträflingsabteilungen darauf Bedacht genommen, dass in dieselbe nur solche Sträflinge eingereiht werden, welche nach ihrem Alter, ihrer Konstitution und ihrem Berufe die Eignung zu den bei den Wildbachverbauungen vorkommenden Arbeiten und die Fähigkeit zum Ertragen der damit verbundenen Strapazen zeigten.

Bei der später eingetretenen Notwendigkeit zur Aufstellung stärkerer Sträflingsabteilungen musste von der Einschränkung auf Affektsverbrecher und Nichtrückfällige abgesehen werden; es wurde jedoch die Vorsicht beobachtet, dass die diesen Kategorien nicht angehörenden Sträflinge nur dann in die Abteilung eingereiht wurden, wenn sie einen größeren Teil der urteilsmäßigen Strafzeit bereits abgebüßt hatten und auf Grund sorgfältiger Beobachtung angenommen werden konnte, dass deren Charakter und deren Aufführung in der Anstalt eine Gewähr für ihr korrektes Verhalten auf dem Arbeitsfelde bieten.

Der Kommandant der Abteilung führt die Oberaufsicht über die Sträflinge und die ihm beigegebenen Aufseher und leitet deren Dienstthätigkeit, ihm obliegt die Besorgung aller ökonomischen Angelegenheiten des Detachements, sowie die Führung der vorgeschriebenen Rechnungen und Listen.

Die bei den einzelnen Arbeitsabteilungen eingeteilten Sträflinge erhalten die auf die Dauer dieser Kommandierung festgesetzte Kost und Lagerstätte, und haben mit Rücksicht auf ihre Verwendung im Freien keinen Anspruch auf die in der Hausordnung des Strafhauses zugestandene Bewegung in freier Luft.

Sträflinge, die sich krank fühlen, haben dies in der Regel morgens durch den sie beaufsichtigenden Aufseher dem Abteilungskommandanten zu melden, welcher, wenn sich mit Grund eine Verstellung nicht annehmen lässt, den Erkrankten von der Arbeit zu entheben und wegen seiner weiteren Behandlung das Entsprechende vorzukehren hat. Bei voraussichtlich nur vorübergehenden, leichten Erkrankungen ist der betreffende Sträfling am Standorte der Abteilung zu belassen und nach Thunlichkeit zu pflegen. In bedeutenden Erkrankungsfällen, welche die Hilfe eines Arztes notwendig machen, oder wo keine Aussicht auf baldige

Wiederherstellung der Arbeitsfähigkeit des Erkrankten gegeben ist, wird derselbe in die Strafanstalt rücktransportiert.

Die Sträflinge haben die ihnen übertragenen Arbeiten mit Sorgfalt und größtmöglichem Eifer zu verrichten, dabei den Anordnungen der Bauleitung und ihrer Organe willig zu gehorchen und sich allen Weisungen, welche der die Arbeitspartie überwachende Aufseher oder Abteilungskommandant zu treffen findet, unweigerlich zu fügen.

Der Sträfling der Arbeitsabteilung hat zwar keinen Anspruch auf Entlohnung seiner Arbeit, es wird ihm jedoch, wenn er arbeitsam und auch sonst brav ist, ohne Unterschied der Disziplinarklasse eine Entlohnung von 20 Heller pro Arbeitstag nach Maßgabe der wirklichen Arbeitsleistung zugestanden, bezw. gutgeschrieben.

Dem Gottesdienste haben die Sträflinge an Sonn- und Feiertagen in der nächstgelegenen Kirche unter Bewachung beizuwohnen, insofern sie nicht krank oder aus besonderen Gründen durch den Abteilungskommandanten von der Teilnahme entbunden sind. Sollte sich bis zu einer Wegstunde Entfernung keine Kirche befinden, so hat auch an obigen Tagen der förmliche Gottesdienst zu entfallen, dafür aber die Vorlesung aus einem Erbauungsbuche und gemeinschaftliches Gebet unter Leitung des Abteilungskommandanten oder seines Stellvertreters einzutreten, woran sich die Sträflinge mit Anstand und Ruhe zu beteiligen haben.

An arbeitsfreien Tagen beschäftigen sich die Sträflinge mit Lesen oder Anhören der Vorlesung eines Mitsträflings, mit der Fertigung ihrer Schulaufgaben, mit Zeichnen und Briefschreiben. mit Instandhaltung der eigenen oder der ihnen zum Gebrauche gegebenen Kleidungsstücke und Effekten, und mit solchen freiwilligen Arbeiten, durch welche die Ruhe und Ordnung des Hauses nicht gestört wird, und zu welchen sie vom Oberdirektor besondere Erlaubnis erhalten haben.

Zur Erhaltung der Disziplin unter den Sträflingen ist der Abteilungskommandant befugt, nachstehende Disziplinarstrafen zu verhängen: Verweis unter vier Augen oder vor anderen Sträflingen, Entziehung der Weinzulage und der Nebengenüsse auf bestimmte Zeit und zeitliche Herabsetzung der Arbeitsentlohnung auf die Hälfte.

Zur augenblicklichen Bändigung bei einer thatsächlichen

Widersetzlichkeit oder bei Toben und Schreien darf auch Fesselung angeordnet werden.

Uebertretungen, welche eine strengere Ahndung erheischen, so grobe Widerrede, Trotz, Widerstand gegen das Aufsichtspersonal, Arbeitsverweigerung, Fluchtversuch etc., ziehen die sofortige Rücktransportierung des betreffenden Sträflinges in die Strafanstalt nach sich.

Was den moralischen Erfolg der in Frage stehenden Sträflingsverwendung anbelangt, so ist derselbe ein durchaus sehr günstiger. Wenn erwogen wird, dass selbst bei der sorgfältigsten Auswahl doch stets Individuen, welche mit dem Strafgesetze in schweren Konflikt geraten sind und zum Teile wegen der schwersten Verbrechen zu langzeitigen Strafen verurteilt wurden, der strengeren Anstaltshausordnung entzogen werden müssen, wenn weiteres in Betracht gezogen wird, dass die Detachements unter Begleitung einer verhältnismäßig geringen Aufsichtsmannschaft oft monatelang in abgelegenen Gebirgsgegenden verwendet waren, sowie dass bei der großen Zahl der Sträflinge trotz der durch die Verhältnisse bedingten, relativ geringen Ueberwachung sehr wenige und geringfügige Auschreitungen stattfanden, so muss auf einen sehr wohlthätigen moralischen Einfluss der in Rede stehenden Sträflingsverwendung geschlossen worden.

Wenn weiter in Betracht gezogen wird, dass die monatelange Arbeit in freier Luft im Gegensatze zu der einförmigen Arbeit in den geschlossenen Räumen der Anstalt einen wohlthätigen Einfluss auf Körper und Geist hat, dass das Bewusstsein größerer Selbständigkeit, geringerer Ueberwachung und des dem Sträflinge erwiesenen Vertrauens erhebend wirkt und den Sträflingsarbeiter anspornt, dieses Vertrauen zu rechtfertigen und den ihm auferlegten Pflichten klaglos nachzukommen, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die Verwendung der Sträflinge bei den erwähnten Arbeiten auch den Endzweck der Strafe, soferne die Besserung des Sträflings als solcher betrachtet wird, wesentlich fördert, ein Vorteil, der den Nachteil eines weniger strengen Strafvollzuges weit aufwiegt.

Aber auch die Disziplin in der Anstalt selbst zieht hievon nur Vorteil, da von Jahr zu Jahr das Bestreben der Sträflinge wahrnehmbarer hervortritt, durch tadellose und hausordnungsmäßige Führung in der Anstalt seinerzeit zur Einreihung in die Arbeitsabteilung würdig befunden zu werden, ein Bestreben, das

als bethätigte Besserungsfähigkeit angesehen werden kann, da die Sträflinge mit Eifer und Ausdauer die ihnen zugewiesenen Arbeiten durchführen und die Aufrichtigkeit ihrer Absicht durch das keineswegs aufdringlich zur Schau getragene Bestreben zufriedenzustellen, bekräftigen.

Wie in moralischer, so ist auch in sanitärer Beziehung der Erfolg der Verwendung von Sträflingen zu Wildbachverbauungsarbeiten ein sehr günstiger, indem sich der Gesundheitszustand der verwendeten Mannschaft infolge des täglichen vielstündigen Aufenthaltes in frischer Luft, des Genusses besseren Trinkwassers und infolge vermehrter und ausgiebigerer Ernährung stets sichtlich besserte und dadurch zweifelsohne mancher bei fortgesetzter Anhaltung des Individuums in der Anstalt hevorgetretenen Erkrankung vorgebeugt wird.

Was endlich den finanziellen Erfolg betrifft, so kann derselbe im allgemeinen nicht als ungünstig bezeichnet werden, wiewohl er bei Beginn der Sträflingsverwendung zu Wildbachverbauungen hinter den Erwartungen zurückblieb, wozu insbesondere der Umstand beitrug, dass die Verpflegung der Sträflinge in vielen Fällen wegen der Abgelegenheit der Arbeitsfelder eine sehr kostspielige wurde.

In dem Maße, als bei Aufstellung neuer Arbeitsabteilungen die gemachten Erfahrungen verwertet werden konnten, besserte sich auch das finanzielle Ergebnis. Im allgemeinen kann immerhin gesagt werden, dass der Staatsanteil, welcher aus dieser Sträflingsanwendung resultiert, nicht unbeträchtlich hinter jenem Staatsanteile zurückbleibt, welcher aus dem Arbeitsbetriebe der Sträflinge innerhalb der Anstalt erzielt werden könnte. Hiebei muss hervorgehoben werden, dass bei dem Umstande, als die in Rede stehenden Arbeiten der Sträflinge dem öffentlichen Interesse dienen, seitens der Justizverwaltung auf ein günstiges finanzielles Ergebnis derselben im voraus kein Gewicht gelegt wird.

Die auf die Wildbachverbauung in Oesterreich Bezug habenden Gesetze vom 30. Juni 1884.

Gesetz vom 30. Juni 1884 (R.-G.-B. Nr. 116) betreffend die Förderung der Landeskultur auf dem Gebiete des Wasserbaues.

I. Finanzielle Bestimmungen.

§ 1. Zur Förderung von Unternehmungen, welche den Schutz des Grundeigentumes gegen Wasserverheerungen oder die Erhöhung der Ertragsfähigkeit der Grundstücke durch Entwässerung oder Bewässerung zum Zwecke haben und deren Ausführung im öffentlichen Interesse liegt, können von der Regierung aus dem Meliorationsfonde (§ 2) finanzielle Unterstützungen nach Maßgabe dieses Gesetzes gewährt werden.

Insofern ein solches, im öffentlichen Interesse gelegenes Unternehmen wegen seiner bedeutenden Tragweite oder Kostspieligkeit einer von den Bestimmungen dieses Gesetzes abweichenden oder einer so bedeutenden Unterstützung bedarf, dass dadurch der Meliorationsfond zum Nachteile der Unterstützung anderer Unternehmen übermäßig in Anspruch genommen würde, bleibt die Regelung der staatlichen Unterstützung dieses Unternehmens der Gesetzgebung vorbehalten.

§ 2. Zur Bildung des im § 1 bezeichneten Meliorationsfonds sind zunächst in den zehn Jahren 1885 bis 1894 je 1 000 000 Kronen aus Staatsmitteln zuzuweisen. Diese Summe wird jährlich in den Staatsvoranschlag (Ackerbauministerium) eingestellt. Die Zinsen und Rückzahlungsraten der aus diesem Fonde gewährten Darlehen fließen in denselben zurück. Die in einem Verwaltungsjahre nicht verwendeten Beträge bleiben dem Fonde erhalten und sind vorläufig fruchtbringend anzulegen.

Der Meliorationsfond wird vom Ackerbauminister im Einvernehmen mit dem Finanzminister verwaltet. Diese Minister verfügen über die zur Verausgabung gelangenden Beträge nach Maßgabe des vom Reichsrate (im Staatsvoranschlage) genehmigten Jahrespräliminares. Ueber den Stand und die Gebarung des Fondes ist dem Reichsrate jährlich der Rechnungsabschluss zur Genehmigung vorzulegen.

§ 3. Beiträge oder Darlehen aus dem Meliorationsfonde können nur solchen Meliorationsunternehmungen gewährt werden, welche den in den §§ 4 und 5 bezeichneten Erfordernissen entsprechen. Unter dieser Voraussetzung sind die Unternehmungen in den einzelnen Ländern derart zu berücksichtigen, dass sich eine thunlichst gleichmäßige Förderung dieses Zweiges der Landeskultur ergibt.

§ 4. Das Unternehmen muss durch ein besonderes Landesgesetz entweder

1. als ein aus Landesmitteln auszuführendes Unternehmen erklärt sein, unter gleichzeitiger Beschränkung der auf Grund des § 26 des Reichsgesetzes vom 30. Mai 1869 (R.-G.-Bl. Nr. 93) eintretenden Beitragsleistungen der Adja-

*) Siehe bezüglich Erhöhung dieses Betrages Seite 422.

centen — mag diese Beitragsleistung unmittelbar oder mittelbar durch die Bezirke, Gemeinden oder Wassergenossenschaften einzutreten haben — auf höchstens dreißig Prozent des veranschlagten Erfordernisses; oder

2. als ein von bestimmten Bezirken, Gemeinden oder Wassergenossenschaften auszuführendes, aus Landesmitteln zu unterstützendes Unternehmen, wobei diese Unterstützung zu bestehen hat:

a) wenn es sich um den Schutz der Grundstücke gegen Wasserverheerungen (Uferbrüche, Verschotterungen, Ueberschwemmungen) handelt, in einem nicht rückzahlbaren Beitrage von mindestens dreißig Prozent des veranschlagten Erfordernisses oder

b) wenn es sich um die Hebung der Ertragsfähigkeit der Grundstücke durch Entwässerung oder Bewässerung handelt, in einem nicht rückzahlbaren Beitrage von mindestens zwanzig Prozent oder in einem zu höchstens vier Prozent verzinslichen, in angemessenen Raten zu erstattenden Darlehen von mindestens dreißig Prozent des veranschlagten Erfordernisses.

§ 5. Es muss ferner:

1. die Art und Weise der Ausführung des Unternehmens und der Kostenvoranschlag auf einer mit der Regierung getroffenen Vereinbarung beruhen;

2. der Regierung eine angemessene Einflussnahme auf den Gang des Unternehmens eingeräumt sein;

3. die künftige Erhaltung der herzustellenden Anlagen durch entsprechende Bestimmungen des die Ausführung dieser Anlagen regelnden Landesgesetzes in genügender Weise gesichert erscheinen, schließlich muss

4. in den im § 4, Z. 2 bezeichneten Fällen der Beitrag des Landes dem Unternehmen unter Aufrechthaltung jener besonderen Verpflichtungen zugesichert sein, welche etwa dem Lande als Besitzer von Liegenschaften oder Wasseranlagen nach den Wasserrechtsgesetzen obliegen.

§ 6. Die Unterstützungen, welche für solche Meliorationsunternehmungen von der Regierung aus dem Meliorationsfonde, vorbehaltlich der verfassungsmäßigen Genehmigung des betreffenden Jahrespräliminares dieses Fondes, zugesichert werden können, bestehen:

1. in den unter Z. 1 des § 4 bezeichneten Fällen in einem nicht rückzahlbaren Beitrage im Höchstmaße von dreißig Prozent des veranschlagten Erfordernisses; wenn aber eine solche Unternehmung ausschließlich oder teilweise Vorkehrungen zur unschädlichen Ableitung eines Gebirgswassers zum Gegenstande hat, kann der Beitrag zu dieser Unternehmung, beziehungsweise zu diesem Teile derselben bis auf fünfzig Prozent des hiefür veranschlagten Erfordernisses erhöht werden;

2. in den unter Z. 2 des § 4 bezeichneten Fällen in einem nicht rückzahlbaren Beitrage oder mit höchstens vier Prozent verzinslichen, in angemessenen Raten rückzuzahlenden Darlehen im Höchstmaße von hundert Prozent der vom Lande bewilligten Summe.

§ 7. Nebst der im § 6 bezeichneten Unterstützung des Unternehmens und unter dem dortselbst erwähnten Vorbehalte kann ausnahmsweise bei be-

sonders berücksichtigungswerten Verhältnissen dem Lande ein Darlehen aus dem Meliorationsfonde und gegen fallweise festzustellende Rückzahlungsraten bis zu fünfzig Prozent jener Summe zugesichert werden, welche das Land in dem im § 4 Z. 1 bezeichneten Falle nach dem Kostenvoranschlage selbst zu tragen hat, beziehungsweise in den im § 4 Z. 2 erwähnten Fällen als nicht rückzahlbaren Beitrag oder Darlehen dem Unternehmen zuwendet.

§ 8. Insofern der Staat als Besitzer einer Liegenschaft oder Wasseranlage nach den Wasserrechtsgesetzen zu einer Beitragsleistung verpflichtet erscheint, wird diese Verpflichtung durch eine auf Grund des § 6 gewährte Unterstützung weder behoben noch gemindert.

§ 9. Die Regierung kann auf Grund und Boden, welcher durch die Regulierung gewonnen wird und in Gemäßheit der Wasserrechtsgesetze denjenigen zufällt, welche die Kosten der Unternehmung tragen, beziehungsweise auf den, dem Betrage des Meliorationsfonds entsprechenden Teil dieser Grundflächen ganz oder teilweise zu Gunsten eines zur Erhaltung der Bauten gewidmeten Fondes verzichten.

In den im § 4 Z. 2 bezeichneten Fällen kann diese Verzichtleistung nur dann erfolgen, wenn bei der landesgesetzlichen Regelung des Unternehmens die gleiche Verzichtleistung seitens des Landes ausgesprochen wird.

§ 10. Wenn eine Wassergenossenschaft ein Darlehen durch Ausgabe von Teilschuldverschreibungen aufgenommen hat und elementare Ereignisse im genossenschaftlichen Gebiete die Zahlungsfähigkeit der Genossenschaft vorübergehend beeinträchtigen, so kann die Regierung derselben zum Zwecke der Erfüllung ihrer Verpflichtungen aus diesem Darlehen einen angemessenen Betrag gegen höchstens vierprozentige Zinsen und Rückzahlung in höchstens fünfjährigen gleichen Jahresraten aus dem Meliorationsfonde vorschießen.

§ 11. Jene Unternehmungen, für welche Unterstützungen aus dem Meliorationsfonde gewährt werden, genießen die Stempel- und Gebührenfreiheit für die bei ihrer Ausführung sich ergebenden Eingaben, Amtshandlungen, Verträge und sonstigen Urkunden zur Beschaffung der nötigen Geldmittel, für die Urkunden zur Evidenzhaltung oder Bestätigung der eingehenden Beträge der Genossen und der von der Genossenschaft geleisteten Zahlungen, ferner für die Amtshandlungen behufs Einbringung der Beiträge der Genossen, sowie für die Rechtsgeschäfte und Urkunden in betreff der etwa erforderlichen Grundeinlösungen. Erfolgt die Beschaffung der zu diesen Unternehmungen nötigen Geldmittel durch Ausgabe von Teilschuldverschreibungen, so kann die Regierung für die Zinsen dieser Anlehen die Befreiung von der Einkommensteuer, sowie von jener Steuer, welche etwa durch künftige Gesetze an deren Statt eingeführt werden sollte und von der Couponstempelsteuer zugestehen.

Wenn Länder, Bezirke, Gemeinden oder Wassergenossenschaften Meliorationen unternehmen, ohne eine Beihilfe aus dem Meliorationsfonde zu erhalten, kann die Regierung denselben die in vorstehendem bezeichnete Stempel-, Gebühren- oder Steuerfreiheit gewähren.

§ 12. Die Unterstützung kleinerer Meliorationen aus dem im Staatsvoranschlage dem Ackerbauministerium unter dem Titel Subventionen eingeräumten Kredite wird durch die Bestimmungen des Gesetzes nicht berührt.

II. Wasserrechtliche Bestimmungen.

§ 13. Sobald in Anwendung des § 26 des Reichsgesetzes vom 30. Mai 1869 (R.-G.-Bl. Nr. 93) im Verwaltungswege vorbehaltlich der Anrufung des ordentlichen Richters, festgestellt ist, dass der Besitzer einer Liegenschaft oder Wasseranlage zu dem Unternehmen in einem bestimmten Ausmaße oder in einem solchen provisorischen Ausmaße beizutragen hat, dessen schließliche Feststellung nach teilweiser oder gänzlicher Beendigung des Baues stattzufinden hat, können von dem erwähnten Besitzer nötigenfalls im politischen Zwangswege, Beitragsquoten auf Rechnung jener Leistung eingehoben werden, zu welchem er seinerzeit rechtskräftig verhalten werden wird.

Hierbei macht es keinen Unterschied, ob dem erwähnten Besitzer schon aus den zunächst in Angriff genommenen oder erst aus späteren, im Rahmen des festgestellten Projektes liegenden Arbeiten die im vorbezogenen § 26 vorgesehene Zuwendung eines Vorteiles oder Abwendung eines Nachteiles erwächst.

§ 14. Wenn eine Bewässerung oder Entwässerung von Grundstücken ohne gänzliche oder teilweise Entziehung eines zu anderen Zwecken rechtmäßig benutzten öffentlichen Gewässers nicht oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwande erzielt werden könnte und dem Unternehmen nach seinem Umfange und allen sonstigen Verhältnissen eine unzweifelhaft höhere wirtschaftliche Bedeutung, als der zu entziehenden anderweitigen Wasserbenutzung zukommt, kann diese Entziehung, soweit selbe zur zweckmäßigen Ausführung der Bewässerung oder Entwässerung erforderlich ist, im Verwaltungswege nach Maßgabe folgender Bestimmungen verfügt werden.

1. Die teilweise Entziehung des Wassers kann sowohl zu Gunsten mehrerer Grundbesitzer als auch eines einzelnen stattfinden, wenn gleichzeitig durch eine, auf Kosten der Unternehmer der Bewässerung oder Entwässerung auszuführende Aenderung der Vorrichtungen zur Wasserbenutzung der vorbestandene Nutzeffekt ungeschmälert erhalten und für den mit dieser Aenderung etwa verbundenen Mehraufwand an Betriebs- und Erhaltungskosten angemessene Entschädigung geleistet wird.

2. Die teilweise Entziehung des Wassers ohne die unter Z. 1 erwähnte Aenderung oder die gänzliche Entziehung des Wassers kann hingegen nur zu Gunsten einer Wassergenossenschaft gegen Entschädigung des Wasserberechtigten statthaben.

In betreff der Feststellung der Entschädigung und des Verfahrens überhaupt gelten für diese Fälle die gleichen Bestimmungen wie für die im § 15 des Reichsgesetzes vom 30. Mai 1869 (R.-G.-Bl. Nr. 93) bezeichneten Enteignungen.

§ 15. Zur Aufnahme von Anlehen durch Ausgabe von Teilschuldverschreibungen bedürfen die Wassergenossenschaften einer besonderen Bewilligung der Regierung, welche hiebei die Bildung und Erhaltung eines angemessenen Reservefondes zur sofortigen Deckung allfälliger Rückstände in den genossenschaftlichen Beitragsleistungen auferlegen kann.

§ 16. Im Falle der Aufnahme eines Darlehens durch Ausgabe von Teilschuldverschreibungen oder wenn eine Wassergenossenschaft ein Darlehen aus dem Meliorationsfonde oder vom Lande erhalten oder bei einem zur Erteilung solcher Darlehen statutenmäßig ermächtigten öffentlichen Kreditinstitute aufgenommen hat, haben für die betreffende Wassergenossenschaft nebst den allgemeinen wasserrechtlichen Vorschriften, beziehungsweise in teilweiser Abänderung derselben, die besonderen Bestimmungen der folgenden §§ 17 bis 19 zur Anwendung zu gelangen.

§ 17. Die Beiträge, welche auf die der Wassergenossenschaft angehörigen Grundstücke entfallen, sind in den Fälligkeitsterminen von den Steuerämtern, ohne dass es hiezu eines Ansuchens oder einer Einwilligung des Genossenschaftsvorstandes bedürfte, gleich den landesfürstlichen Steuern einzuheben und bis zum Belaufe der nächstfälligen Schuldigkeit aus dem Darlehen an die für letzteres bestimmte Zahlstelle abzuführen, zu welchem Zwecke der Vorstand der Genossenschaft die dem Steueramte nötigen Anweise rechtzeitig zu liefern hat.

Die Regierung ist ermächtigt, den Ersatz des hiedurch bei dem Steueramte etwa verursachten Mehraufwandes von der Genossenschaft einzuholen.

§ 18. Im Falle ein Mitglied der Genossenschaft mit seinem Betrage länger als ein Jahr im Rückstande verbleiben sollte, hat das Steueramt sofort die bücherliche Einverleibung der ausständigen genossenschaftlichen Forderung auf den Liegenschaften des Säumigen zu veranlassen.

§ 19. Wenn die Genossenschaft es unterlässt, für die Erfüllung der ihr aus dem Darlehen obliegenden Verbindlichkeiten, einschließlich der Leistungen für den Reservefond (§ 15), auf statutenmäßigem Wege rechtzeitig vorzusorgen, kann die Verwaltungsbehörde die zur Erfüllung jener Verbindlichkeiten notwendigen Beiträge auf den in den genossenschaftlichen Verband einbezogenen Grundbesitz nach den für die betreffende Genossenschaft geltenden Bestimmungen umlegen.

Schlussbestimmung.

§ 20. Mit dem Vollzuge dieses Gesetzes sind die Minister des Ackerbaues, der Finanzen, des Innern, der Justiz und des Handels beauftragt.

Gesetz vom 30. Juni 1884 (R. G. B. Nr. 117) betreffend Vorkehrungen zur unschädlichen Ableitung von Gebirgswässern.

§ 1. Das Gebiet, auf welches sich die Vorkehrungen zur thunlichst unschädlichen Ableitung eines bestimmten Gebirgswassers zu erstrecken hat, heißt „Arbeitsfeld“ (Perimeter, Verbauungsgebiet) und hat, nebst dem Gerinne selbst, jene Parzellen des Sammelbeckens zu umfassen, deren Bodenzustand eine Vorsorge in Absicht auf die Ansammlung oder den Abfluss des Wassers erheischt; das Gebiet ist hienach fallweise in dem in diesem Gesetze vorgeschriebenen Verfahren des näheren festzustellen.

Bei der Anordnung und Durchführung der erwähnten Vorkehrungen finden die Vorschriften der Wasserrechtsgesetze, beziehungsweise des Forstgesetzes insofern Anwendung, als nicht in diesem Gesetze selbst eine abweichende Bestimmung enthalten ist.

§ 2. Innerhalb des Arbeitsfeldes können alle jene Bauten und sonstigen Vorkehrungen angeordnet werden, welche nach den obwaltenden Verhältnissen zur Sicherung der thunlichst unschädlichen Ableitung des Gebirgswassers erforderlich sind, wie insbesondere: im Gerinne die Herstellung von Ausschalungen. Grundschwellen, Wehren und Thalsperren, in den andern Teilen des Arbeitsfeldes die Befestigung des Bodens durch Entwässerungsanlagen, Hegelegung, Berasung, Flechtzäune oder Aufforstung und die Ausschließung oder Anordnung bestimmter Arten sowohl der Benutzung der Wälder, Weiden und anderen Grundstücke, als auch der Bringung der Produkte.

§ 3, Materialien, welche zu den im § 2 bezeichneten Herstellungen notwendig und auf den zum Arbeitsfelde gehörigen oder benachbarten Grundstücken vorhanden sind, müssen von den Eigentümern zu diesem Zwecke überlassen werden.

Die Grundeigentümer müssen die Benützung der zur Zufuhr, Ablagerung und Bereitung der Materialien, sowie zur Herstellung der Unterkunftsräume für die Bauleitung und die Arbeiter erforderlichen Grundparzellen gestatten.

Für die mit der Ueberlassung der Materialien, beziehungsweise mit den letzterwähnten Gestattungen etwa verbundenen Nachteile haben die Grundbesitzer den Anspruch auf angemessene Entschädigung.

§ 4. Zum Arbeitsfelde gehörige Grundparzellen sollen in jenen Fällen zu Gunsten des Unternehmers enteignet werden, in denen begründete Zweifel bestehen, dass bei deren Belassung im bisherigen Besitze der für den Zweck des Unternehmens erforderliche Zustand derselben vollständig und rechtzeitig hergestellt und nachhaltig aufrecht erhalten werde.

Nutzungsrechte dritter Personen, welche auf Grundstücken des Arbeitsfeldes haften, sollen ganz oder teilweise enteignet werden, sofern deren Belassung in dem Zustande, in welchem das belastete Grundstück erhalten werden soll, nur unter besonderen, schwer zu überwachenden Vorsichten vereinbar erscheint.

§ 5. Für die gemäß § 4 stattfindende Enteignung ist die angemessene Entschädigung zu leisten, wobei nicht nur auf den Wert des enteigneten Grundstückes oder Rechtes, sondern auch auf die Verminderung des Wertes, welche der etwa zurückbleibende Teil des Grundbesitzes, beziehungsweise die vordem nutzungsberechtigte Realität erleidet, Rücksicht zu nehmen ist.

Handelt es sich aber um die Einstellung der Ausübung solcher Nutzungsrechte auf Grundstücken des Arbeitsfeldes, anstatt deren den Nutzungsberechtigten gleichartige und gleichwertige Nutzungsrechte an anderen Grundstücken von den beteiligten Gemeinden oder Grundbesitzern freiwillig eingeräumt werden, so können die Nutzungsberechtigten eine Entschädigung für diese Aenderung nur insoweit ansprechen, als sie durch dieselbe dennoch einen Nachteil erleiden sollten.

§ 6. Insoferne die Enteignung eines zum Arbeitsfelde gehörigen Grundstückes nicht stattfindet, muss dessen Besitzer dulden, dass die zur Herbeiführung des entsprechenden Zustandes dieses Grundstückes festgestellten Vorkehrung (z. B. die Herstellung von Sickergräben oder anderen Entwässerungsanlagen, Aufforstung, Berasung u. s. w.) durchgeführt werden, und ist ferner der jeweilige Besitzer verpflichtet, den in betreff der künftigen Benützung des Grundstückes und der Bringung der Produkte erlassenen Anordnungen vollständig nachzukommen.

Ist mit diesen Vorkehrungen oder Anordnungen eine dauernde Herabminderung des Reinertrages des Grundstückes, im Vergleiche zu seiner bisherigen Verwendung oder der Entgang einer für die Wirtschaft des Berechtigten wesentlichen Nutzung verbunden, so ist hiefür eine angemessene Entschädigung zu leisten.

Beim Waldgrunde insbesondere ist bei Beurteilung der Frage der Entschädigung des Grundbesitzers für die Einschränkung seines Eigentumsrechtes durch Einstellung der Weide, oder einer sonstigen Nutzung oder Nutzungsform auf den Umstand Rücksicht zu nehmen, ob und inwiefern die weitere Ausübung der eingestellten Nutzung oder Nutzungsform mit den forstgesetzlichen Bestimmungen überhaupt und namentlich mit jenen, welche die Erhaltung des Waldes selbst zum Gegenstande haben, vereinbart gewesen wäre.

§ 7. Bei der Festsetzung der in den §§ 3, 5 und 6 bezeichneten Entschädigung ist auf diejenigen Verhältnisse keine Rücksicht zu nehmen, hinsichtlich deren erhellt, dass sie in der Absicht hervorgerufen wurden, um sie als Grundlage für die Erhöhung der Ansprüche auf Entschädigung zu benutzen, wie insbesondere auf solche Verwendungsarten des Grundstückes, die sich mit Rücksicht auf alle vorherrschenden Verhältnisse nicht als sachgemäß darstellen.

§ 8. Wird bei Ausführung des Unternehmens ein nicht enteignetes Grundstück, dessen Aufforstung dem Besitzer auf Grund des Forstgesetzes obliegen würde, auf Kosten des Unternehmers aufgeforstet (§ 6), so sind auf Begehren des Unternehmers von einer diesem Grundbesitzer in Gemäßheit der vorstehenden Bestimmungen etwa gebührenden Entschädigung jene Kosten in Abzug zu bringen, welche ihm die Aufforstung verursacht hätte.

§ 9. Als Unternehmer solcher, unter Anwendung dieses Gesetzes auszuführenden Werke zur thunlichst unschädlichen Ableitung der Gebirgswässer können die Staatsverwaltung, beteiligte Länder, Bezirke, Gemeinden und andere Interessenten einzeln oder in Gemeinschaft auftreten.

Der Unternehmer hat die vorgeschlagene Begrenzung des Arbeitsfeldes und das Generalprojekt für die auszuführenden Arbeiten vorzulegen; das Nähere über die Einrichtung und Vorlage des Generalprojektes ist im Verordnungswege zu bestimmen.

§ 10. Auf Grund des Generalprojektes entscheidet der Ackerbauminister im Einvernehmen mit den anderen etwa beteiligten Ministern über die öffentliche Nützlichkeit des beabsichtigten Unternehmens im allgemeinen, sowie darüber, ob sich insbesondere das vorgelegte Generalprojekt zur weiteren Verhandlung eignet.

§ 11. Hat der Ackerbauminister erkannt, dass sich das Generalprojekt in seine ursprünglichen oder in einer einvernehmlich mit dem Unternehmer abgeänderten Form zur weiteren Verhandlung eignet, so ist dasselbe zunächst vom Unternehmer durch die genaue Ermittelung der Abgrenzung des Arbeitsfeldes, sowie aller einzelnen daselbst zu treffenden Vorkehrungen und durch entsprechende Vervollständigung des Situationsplanes zu ergänzen und der zuständigen politischen Bezirksbehörde mit einer besonderen Angabe jener Grundparzellen, hinsichtlich deren Maßnahmen im Sinne der §§ 4 oder 6 beabsichtigt sind, und jener Wasserberechtigten, deren Rechte durch die geplanten Vorkehrungen berührt werden, vorzulegen.

§ 12. Das im Sinne des § 11 ergänzte Projekt ist von der politischen Bezirksbehörde in der meistbeteiligten Gemeinde durch wenigstens 30 Tage zur allgemeinen Einsicht auflegen zu lassen. Daselbst und in den anderen etwa mitbeteiligten Gemeinden ist auch der Beginn, sowie das Ende dieser Frist in ortsüblicher Weise mit dem Bemerken zu verlautbaren, dass es den Gemeindevertretungen und den einzelnen in irgend einer Weise Beteiligten freisteht, innerhalb dieser Frist etwaige Einwendungen gegen das Projekt im Ganzen oder gegen einzelne Teile desselben bei der politischen Bezirksbehörde einzubringen.

An wenigstens fünf gleichfalls zu verlautbarenden Tagen dieser Frist hat ein Vertreter des Unternehmers in der Gemeinde zu weilen, um etwa gewünschte mündliche Erläuterungen in betreff des daselbst aufgelegten Projektes zu erteilen.

In der Verlautbarung ist ferner der Tag und Ort zu bezeichnen, an welchem nach Ablauf der erwähnten dreißigtägigen Frist die kommissionelle Verhandlung über das aufgelegte Projekt beginnen wird.

Von dem Inhalte der Verlautbarung sind alle jene, deren Grundeigentums-, Nutzungs- oder Wasserrechte durch eine im Projekt enthaltene Vorkehrung betroffen werden, soweit dieselben der politischen Bezirksbehörde bekannt sind, ferner, wenn durch das Projekt eine Eisenbahn berührt wird, auch die k. k. Generalinspektion der Eisenbahnen individuell zu verständigen.

§ 13. Bei der kommissionellen Verhandlung ist vor allem die volle Klarstellung der voraussichtlichen Einwirkung des beabsichtigten Unternehmens auf die allgemeinen und die beteiligten privaten Interessen, die Berücksichtigung der im öffentlichen Interesse erhobenen Einwendungen durch entsprechende Aenderungen oder Ergänzungen des Projektes und die gütliche Einigung der Beteiligten hinsichtlich der im privaten Interesse erhobenen Einwendungen anzustreben. Die aufrecht gehaltenen Einwendungen gegen das Unternehmen als Ganzes oder gegen bestimmte Teile desselben sind erschöpfend zu erörtern, wobei allenfalls notwendige Erhebungen sofort unter Zuziehung von Sachverständigen zu pflegen sind.

Zugleich sind die mit dem beabsichtigten Unternehmen verbundenen Entschädigungsfragen zu verhandeln und, wenn ein Uebereinkommen zwischen dem Unternehmer und den Entschädigungsberechtigten nicht erzielt wird, alle Verhältnisse zu erheben, welche für die Entscheidung dieser Fragen von Belang sind. Hiebei ist insbesondere auch darauf hinzuwirken, dass denjenigen, denen

nach dem Projekte die Ausübung von Nutzungsrechten auf Grundstücken des Arbeitsfeldes eingestellt werden müsste, gleichartige und gleichwertige Rechte auf anderen Grundstücken eingeräumt werden (§ 5).

Die kommissionelle Verhandlung mit den beteiligten Parteien ist mündlich zu führen und sind zu derselben nach Erfordernis Sachverständige von amtswegen beizuziehen. Ueber die ganze Verhandlung ist ein Protokoll aufzunehmen, welches alle wesentlichen Momente der Verhandlung, insbesondere die erzielten Uebereinkommen, die sonstigen Ergebnisse der mündlichen Erörterung unter Angabe der für und gegen das Projekt vorgebrachten Gründe und die hinsichtlich der Entschädigungsfragen erhobenen Verhältnisse zu enthalten hat.

§ 14. Das Verhandlungsprotokoll ist samt allen bezüglichen Behelfen von der Bezirksbesörde gutächtlich der politischen Landesbehörde vorzulegen, welche die Entscheidung über das Projekt überhaupt und dessen einzelne Teile, beziehungsweise über die zur Ausführung desselben vorzunehmenden Enteignungen oder sonstigen Vorkehrungen, sowie über die damit verbundenen Entschädigungsfragen unter Feststellung der Fälligkeitstermine der einzelnen Entschädigungsbeträge fällt und diese Entscheidungen durch die Bezirksbehörde den Beteiligten zustellen lässt. Gegen diese Entscheidung der Landesbehörde steht die Berufung an den Ackerbauminister offen, welcher, sofern es sich um das Projekt, beziehungsweise um die zur Ausführung desselben vorzunehmenden Enteignungen und sonstigen Vorkehrungen handelt, endgiltig, in betreff aber der damit verbundenen Entschädigungsfragen mit Vorbehalt der in § 15 bezeichneten Betretung des Rechtsweges entscheidet.

Insoweit durch den Gegenstand einer Berufung der Wirkungskreis anderer Minister berührt wird, entscheidet der Ackerbauminister im Einvernehmen mit den beteiligten Ministern.

§ 15. Es steht jedem, welcher sich durch die Entscheidung des Ackerbauministers über eine Entschädigungsfrage nicht für befriedigt hält, frei, innerhalb dreißig Tagen, von der Zustellung der Entscheidung an, die gerichtliche Ermittlung und Feststellung der Entschädigung bei jenem Bezirksgerichte zu begehren, in dessen Sprengel das Objekt der den Entschädigungsanspruch begründenden Vorkehrung liegt.

Die Ermittlung und Feststellung der Entschädigung im gerichtlichen Wege hat unter sinngemäßer Anwendung der Vorschriften des Gesetzes vom 18. Februar 1878 (R.-G.-Bl. Nr. 30), betreffend die Enteignung zum Zwecke der Herstellung und des Betriebes von Eisenbahnen zu erfolgen; die im § 24 des eben bezogenen Gesetzes angeordnete Aufstellung und Kundmachung einer besonderen Liste von Sachverständigen hat jedoch in den Angelegenheiten dieses Gesetzes zu unterbleiben.

§ 16. In betreff der Feststellung der Entschädigung im Wege des Uebereinkommens, des gerichtlichen Erlages derselben, sowie der Wahrnehmung der Ansprüche, welche dritten Personen auf Befriedigung aus der Entschädigung auf Grund ihrer dinglichen Rechte zustehen, sind die Bestimmungen des Gesetzes vom 18. Februar 1878 (R.-G.-Bl. Nr. 30) sinngemäß anzuwenden.

Auf den Vollzug der nach dem gegenwärtigen Gesetze vorzunehmenden

Enteignungen finden die Vorschriften der §§ 35 bis 38 des bezogenen Gesetzes gleichfalls sinngemäße Anwendung.

§ 17. Ergibt sich bei Ausführung des Unternehmens das Bedürfnis neuer, im Projekte nicht vorgesehener Vorkehrungen, so hat die politische Bezirksbehörde über dieselben mit den Beteiligten zu verhandeln und finden im weiteren die Bestimmungen des § 14 Anwendung.

Insoweit es sich aber um im Projekte nicht vorgesehene Ansprüche an Grundoigentümer im Sinne des § 3 handelt, entscheidet die politische Bezirksbehörde sofort in erster und die Landesbehörde in zweiter und letzter Verwaltungsinstanz vorbehaltlich der Betretung des Rechtsweges nach Maßgabe des § 15 hinsichtlich der mit solchen Angelegenheiten verbundenen Entschädigungsfragen.

§ 18. Die mit der Ausführung des Unternehmens verbundenen Kosten, einschließlich der Entschädigungen und Regieauslagen, sind von dem Unternehmer zu tragen. Demselben obliegen auch die Kosten für die fernere Erhaltung des Werkes, falls die Erhaltungspflicht nicht in anderer Weise geregelt wird.

Die Bestimmungen der Wasserrechtsgesetze über eine etwaige Heranziehung anderer zu Beiträgen für die Ausführung und Erhaltung des Werkes werden durch dieses Gesetz nicht berührt.

§ 19. Wird das Unternehmen nicht von der Staatsverwaltung selbst ausgeführt, so hat die politische Landesbehörde durch fallweise zu bestimmende geeignete Organe die nötige Aufsicht ausüben zu lassen, damit das Unternehmen in der den Vorschriften dieses Gesetzes und dem genehmigten Projekte entsprechenden Art und Weise ausgeführt werde.

Die fernere Aufsicht über die Instandhaltung des zur Ableitung des Gebirgswassers geschaffenen Zustandes obliegt dem Forsttechniker, welcher für das betreffende Gebiet der politischen Verwaltung beigegeben ist oder von der politischen Landesbehörde mit dieser Aufgabe betraut wird. Die besondere Aufsicht über die Instandhaltung bestimmter Objekte ist nötigenfalls einem Staatsbautechniker zuzuweisen Diese Techniker sind ermächtigt, die erforderliche Unterstützung von Seite der Gemeindevorsteher und der politischen Behörde in Anspruch zu nehmen.

§ 20. Wenn im Interesse der guten und zweckentsprechenden Erhaltung des Werkes nachträglich noch weitere Vorkehrungen erforderlich erscheinen, finden auch in betreff solcher Vorkehrungen die für die Herstellung des Werkes selbst gegebenen Vorschriften Anwendung; das betreffende Verfahren ist, falls bei einem verhältnismäßig geringem Umfange der noch nötigen Vorkehrungen die Auflegung des bezüglichen Projektes gemäß § 12 vom Landeschef für entbehrlich erkannt wird, nach Maßgabe des § 17 zu pflegen.

§ 21. In den Angelegenheiten dieses Gesetzes sind Berufungen gegen Entscheidungen der politischen Bezirks- oder Landesbehörde innerhalb 14 Tagen, von der Zustellung der Entscheidung an, bei der politischen Bezirksbehörde einzubringen.

§ 22. Beschädigungen der Anlagen an den Gerinnen oder in anderen Teilen des Arbeitsfeldes, sowie Uebertretungen der hinsichtlich der Behandlung und Benutzung der Grundstücke und der Bringung der Produkte getroffenen Anordnungen werden, insofern nicht das allgemeine Strafgesetz zur Anwendung zu kommen hätte, von den politischen Behörden an Geld von 10 bis 400 Kronen oder mit Arrest bis 40 Tagen bestraft, wobei auch auf den gänzlichen oder teilweisen Verfall der ordnungswidrig gewonnenen oder gebrachten Produkte erkannt werden kann.

Bei Uebertretungen, welche mit einem erheblichen Schaden verbunden sind, kann die Geldstrafe bis zu 1000 Kronen und die Arreststrafe bis zu drei Monaten erhöht und zugleich nicht nur auf den erwähnten Verfall der Produkte, sondern auch auf den Verlust der Bringungsbefugnis erkannt werden.

Im Falle der Zahlungsunfähigkeit sind die Geldstrafen in Arrest umzuwandeln und zwar Geldstrafen bis zu 10 Kronen in 24stündigen Arrest und größere Geldstrafen im Verhältnisse von 24 Stunden Arrest für je 10 Kronen, jedoch nicht über drei Monate.

Die Geldstrafen und die verfallenen Produkte, beziehungsweise der Erlös aus dem Verkauf der letzteren, sind zur Erhaltung der Anlagen zu verwenden und bis dahin von der politischen Behörde zu verwalten.

§ 23. Der Ackerbauminister kann im Einvernehmen mit dem Minister des Innern die in diesem Gesetze der politischen Bezirks- und Landesbehörde zugewiesenen Amtshandlungen, einschließlich der Entscheidungen, jedoch mit Ausschluss der Straf- und der vollziehenden Gewalt, an besondere Lokal-, beziehungsweise Lokalkommissionen übertragen und deren Geschäftsbehandlung im Verordnungswege regeln.

Die Landeskommission kann auch zu dem Zwecke eingesetzt werden, dass durch dieselbe die Oertlichkeiten, an welchen Unternehmungen im Sinne dieses Gesetzes notwendig oder wünschenswert sind, erforscht und die geeigneten Maßnahmen zur Ausführung der Unternehmungen bei der Staatsverwaltung, dem Lande oder anderen Interessenten angeregt werden. Die Einsetzung der Kommission zu diesem Zwecke hat jedenfalls stattzufinden, wenn der Landtag die Einsetzung beschließt und die hierzu nötigen Mittel bewilligt.

Ebenso hat die Einsetzung einer Landeskommission stattzufinden, wenn es sich um die Ausführung bedeutender oder zahlreicher Unternehmungen dieser Art handelt.

Die vorbezeichneten Kommissionen sind ermächtigt, behufs Durchführung der ihnen obliegenden Amtshandlungen die erforderliche Unterstützung von Seite der Gemeindevorsteher und der politischen Behörden in Anspruch zu nehmen.

Wenn in betreff bestimmter Unternehmungen ein einvernehmlicher Vorgang verschiedener Landeskommissionen notwendig ist, hat der Ackerbauminister die angemessenen Vorkehrungen zu treffen, auf dass das Einvernehmen sei es im schriftlichen Wege, sei es durch gemeinschaftliche Beratungen der beteiligten Kommissionen oder von Abgeordneten derselben erzielt werde.

§ 24. Die Landeskommission hat unter dem Vorsitze des Landeschefs oder eines von der Staatsverwaltung zu bestimmenden Stellvertreters zu bestehen

1. aus administrativen und technischen Organen der Staatsverwaltung und aus sonstigen von der Staatsverwaltung zu berufenden Mitgliedern;

2. aus Mitgliedern, welche der Landesausschuss in die Kommission entsendet;

3. aus Mitgliedern, welche der Landeskulturrat oder, wo ein solcher besteht, der vom Ackerbauminister hiezu berufene land- oder forstwirtschaftliche Verein abordnet.

Insofern durch das Unternehmen eine Eisenbahn berührt wird, ist die Landeskommission durch einen vom Handelsminister zu bestimmenden Vertreter der k. k. Generalinspektion der Eisenbahnen zu verstärken.

Die Lokalkommissionen sind vom Landeschef fallweise nach Maßgabe der Verhältnisse zusammenzusetzen.

§ 25. Insofern dieses Gesetz bei Ausführung der im § 3 des Gesetzes vom 12. März 1883 (R.-G.-Bl. Nr. 31), betreffend die Unterstützungen aus Staatsmitteln für Tirol aus Anlass der Ueberschwemmungen im Jahre 1882 in Aussicht genommenen Vorkehrungen zur Anwendung gelangt, fungiert die im § 8 jenes Gesetzes bezeichnete Landeskommission auch als Landeskommission im Sinne des gegenwärtigen Gesetzes vorbehaltlich ihrer Verstärkung durch einen Vertreter der k. k. Generalinspektion der Eisenbahnen in dem in § 24 angegebenen Falle.

§ 26. Mit dem Vollzuge dieses Gesetzes sind die Minister für Ackerbau, Inneres, Handel und Justiz beauftragt.

Frankreich.

Wir wenden uns einem Staate zu, welcher vermöge seiner außerordentlichen Thätigkeit auf dem Gebiete der Wildbachverbauung eigentlich hätte in erste Reihe gestellt werden sollen. Ueber die Thätigkeit in diesem Staate bis zum Jahre 1893 gibt in erster Linie das von Demontzey verfasste Werk: „L'extinction des torrents en France par le reboisement,“[35]) vollen Aufschluss. Im übrigen wird auf den Reisebericht Dr. Fankhausers,[170]) sowie auf die in den Fußnoten[321—326]) und die bisher bezogenen einschlägigen Arbeiten verwiesen.

321) „Reboisement et gazonnement des montagnes“; Monographie des travaux exécutés dans les Alpes, les Cevennes et les Pyrénées, 1861—1878. Paris 1878.

322) „De la Correction des torrents et de Reboisement de Montagnes“; von P. Demontzey. Vortrag, gehalten im internationalen land- und forstwirtschaftlichen Kongresse zu Wien 1890. In das Deutsche übersetzt von Ferdinand Wang, Oesterr. Vierteljahresschrift für Forstwesen, 3. Heft, 1891.

323) „Die Wildbachverbauung in Frankreich“; Oesterr. Forst- und Jagdzeitung Nr. 3, Jahrgang 1896.

Die Gesetzgebung Frankreichs hat sich schon zu Beginn des 18. Jahrhunderts mit der Frage beschäftigt, wie der Verwüstung durch Wildbäche vorzubeugen sei. Dass schon zu jener Zeit der diesbezüglich ungünstige Einfluss der Entwaldung erkannt wurde, geht aus der Thatsache hervor, dass das Parlament der Dauphiné unterm 22. Mai 1718 festgesetzt hat, es sei bei Strafe von 30 „Livres" und Konfiskation der Nutzung verboten, Oertlichkeiten im Gebirge und in steiler Lage zu entwalden. Aehnlich sprach sich das Parlament von Languedoc unterm 12. Oktober 1756 und zwar dahin aus, es sei unter Strafe von 50 „Livres" verboten, Terrain im Gebirge und in der Ebene zu entwalden. Die eventuelle Wiederaufforstung habe auf Kosten desjenigen zu erfolgen, welcher die Entwaldung veranlasst hat.

Allein, gleichwie in andern Ländern, erwiesen sich auch in Frankreich diese und ähnliche Maßregeln ungenügend. Erst besondere Katastrophen und zwar jene der Jahre 1846 und 1856, welch' letztere viele Menschenleben gefordert und einen Schaden von mehr als 200 Mill. Frcs. verursacht hatte, hat, ähnlich wie in Oesterreich jene des Jahres 1882, die Gesetzgebung Frankreichs in bestimmtere Bahnen gelenkt und die Erlassung der Gesetze vom 28. Juli 1860 und vom 8. Juli 1864 veranlasst. Das erstere Gesetz bezieht sich auf die Wiederaufforstung, das letztere auf die Wiederberasung der Gebirgsgründe.

Frankreich verdankt diesen beiden Gesetzen die ersten größeren Wiederaufforstungen. Nachdem sich jedoch einige Bestimmungen dieser Gesetze, so namentlich jene bezüglich der Enteignung des Grundes und Bodens zu strenge erwiesen haben, wurde das Gesetz vom 4. April 1882 geschaffen, welches die beiden vorangeführten zu ersetzen hatte und welches sich zum Ziele setzt, die bestehenden Wildbäche zu beruhigen und das Entstehen neuer Wildbäche zu verhindern. Der wesentlichste Inhalt des Gesetzes vom Jahre 1882, insofern er die Wiederherstellung der Kulturböden im Gebirge, also die direkten Maßnahmen betrifft, welche sich auf die An-

---

324) „Die Wildbachverbauung in den europäischen Kulturstaaten". Oesterr. Forst- und Jagdzeitung, Nr. 18, Jahrgang 1896.

325) „Die Wildbachverbauung Frankreichs auf der Weltausstellung in Paris 1900". Oesterr. Forst- und Jagdzeitung, Nr. 46, Jahrgang 1900.

326) „Rapports du Jury international"; Classe 49, von M. Léon Barbier, Paris 1901.

wendung der Aufforstungstechnik und Technik der Wildbachverbauung gründen und welcher nicht schon Seite 271 berührt wurde, ist:

Es soll die Wiederherstellung und Erhaltung des Bodens im Gebirge, sei es durch vom Staate selbst oder durch von den Eigentümern mit Staatsbeitrag erstellte Arbeiten, sei es durch Schutzvorkehrungen, wie solche durch die Bestimmungen dieses Gesetzes in Aussicht genommen werden, erzielt werden.

Der öffentliche Nutzen der Herstellungsarbeiten, die durch Abrutschung und Zerstörung des Bodens oder durch bereits bestehende oder drohende Gefahr solcher veranlasst werden, muss durch ein Gesetz festgestellt werden. Dieses Gesetz bestimmt die örtliche Ausdehnung, auf welche die Arbeiten sich erstrecken sollen.

Der Beschlussfassung über dieselben haben eine Untersuchung der bezüglichen Verhältnisse in jeder der betroffenen Gemeinden, die Begutachtung durch den Kreisrat und den Generalrat, die Begutachtung durch eine Kommission, bestehend aus Vertretern der Verwaltungsbehörden des Staates und der Gemeinden, sowie aus Technikern des Ingenieur- und Forstfaches, welch letztere durch den Präfekten bezeichnet werden, vorauszugehen.

Selbstverständlich nehmen alle diese Vorarbeiten eine bedeutende Zeit in Anspruch, und diese Umständlichkeit kann leicht schlimme Folgen haben. Der Wildbach setzt während dieser Zeit seine zerstörende Arbeit fort und die dem Perimeter für die Sicherungsarbeiten gegebene Ausdehnung erweist sich bei Inangriffnahme dieser nicht selten als durchaus unzureichend. In dringenden Fällen wird daher die hiezu berufene Behörde die nötigen Vorkehrungen ohne Weiteres treffen müssen, doch kann sie mit der Herstellung von Schutzbauten und dergleichen nur dann beginnen, wenn solche auf Staats- oder allenfalls Gemeindegrund zu stehen kommen, nicht aber falls dafür Privatboden in Anspruch genommen würde, weil die Eigentümer sich der Ueberlassung desselben weigern könnten. Es muss dann der betreffende Boden eventuell teuer erworben und für diese Maßregel nachträglich die Schadloshaltung eingeholt werden.

Unzweifelhaft hat aber ein von den Kammern angenommenes Gesetz, mit Bezug auf welches die Vertreter der am meisten beteiligten Gebiete ihre maßgebende Meinung geltend machen können, bei der Bevölkerung größere Autorität, als ein nur von den Verwaltungsbehörden erlassenes Dekret. Dies erklärt, warum

dem genannten, zwar umständlicheren Vorgehen der Vorzug gegeben worden ist.

Das Gesetz bestimmt weiters die Veröffentlichung der Pläne und Voranschläge und das dabei zu befolgende Vorgehen.

Die projektierten Arbeiten werden durch die Organe des Staates und auf dessen Kosten ausgeführt. Der Staat muss zu diesem Zwecke die erforderlichen Grundstücke, sei es auf gütlichem Wege oder durch Enteignung erwerben, doch ist nur gestattet, solche Parzellen zu erwerben, welche bereits abgeholzt und kahl sind und infolgedessen eine Gefahr bilden, nicht aber noch mit Wald bestandene Grundstücke, durch deren Erhaltung die drohenden Naturereignisse verhindert werden könnten.

Die Einschränkung der freien Verfügung über den Privatbesitz durch Erlass von gesetzlichen Bestimmungen in Betreff von Holzschlägen und Ausreutungen wurde nicht für nötig befunden.

Auf Grund der beiden ursprünglichen, die Wildbachverbauung in Frankreich regelnden Gesetze der Jahre 1860 und 1864 waren in den Alpen, Cevennen und im centralen Plateau, dann in den Pyrenäen 219 sog. Périmètres (eigentliche Arbeitsfelder) mit einer Gesamtausdehnung von 139.506 ha in den Wirkungskreis der Wildbachverbauung einbezogen worden. Das Gesetz vom 4. April 1882 ordnete eine genaue Ueberprüfung obiger Arbeitsfelder an, und es wurden zufolge dieser Ueberprüfung 42 Arbeitsfelder gänzlich aufgelassen, dann 69.193 ha Grundfläche in die freie, unbeschränkte Benützung der Eigentümer überwiesen. Die letztere Ziffer setzte sich aus 62.387 ha nicht aufgeforsteten und aus 6806 ha mit einem aus Staatsmitteln bestrittenen Aufwande von Frcs. 1.433.756 aufgeforsteter Fläche zusammen. Es blieben sonach von den früheren Arbeitsfeldern deren 177 mit der Fläche von 70.313 ha der Thätigkeit der Wildbachverbauung unterworfen. Diese ausgedehnte Fläche, welche sich zur Zeit der Festsetzung der Périmètres nur aus 737 ha dem Staate gehörigen, sonst aber aus in Privathänden befindlichem Gebiete zusammensetzte, wurde vom Staate teils im Wege freiwilliger Abmachung, 22.079 ha, teils im Wege der Enteignung, 47.497 ha, käuflich erworben.

Hand in Hand mit der Prüfung der älteren Arbeitsfelder schritt man zum Studium neuer Gebiete, zur Beurteilung, ob und in welchem Umfange dieselben den Bestimmungen des Gesetzes vom 4. April 1882 zu unterwerfen wären, und zur Einteilung des ganzen Gebietes in neue Périmètres, d. s. jetzt nicht mehr wie

vordem einzelne Arbeitsfelder, sondern sich vielfach aus mehreren solcher zusammensetzende Fluss- oder größere Bachgebiete. Diese von Forsttechnikern, denen in Frankreich die Wildbachverbauung anvertraut ist, durchgeführte, im Jahre 1886 beendete, umfangreiche Arbeit erstreckte sich über ein innerhalb 1163 Gemeinden gelegenes, 3.221.360 ha umfassendes Gebiet, und war gleichzeitig mit einer Klassifikation der Wildbachgebiete nach deren Gefährlichkeit und der Dringlichkeit der Verbauung derselben verbunden. Das Ergebnis war die Notwendigkeit, zu der bereits dem Staate gehörigen, zumeist käuflich erworbenen Fläche von 70.313 ha weitere 249.879 ha zu erwerben und somit ingesamt rund 320.000 ha Grundfläche, eingeteilt in 95 Périmètres Fluss- oder größere Bachgebiete, dem Gesetze vom Jahre 1882 zu unterwerfen.

Nach dem Stande vom 31. Dezember des Jahres 1892, welcher in dem mehr bezogenen Werke von Demontzey, L'extinction des torrents en France par le reboisement [35]), genau detailliert erscheint. stellte sich das Verhältnis zwischen dem bereits erworbenen und dem noch zu erwerbenden Besitz, dann das mit der Erwerbung verbundene Erfordernis wie folgt:

In den Alpen, eingeteilt in 55 Périmètres mit der Gesamtausdehnung von 123.450 ha, wovon bereits 61.667 ha um den Betrag von Frcs. 7.724.416 vom Staate erworben worden; in den Cevennen und im centralen Plateau mit 21 Périmètres in der Gesamtausdehnung von 50.185 ha gingen 29.019 ha mit dem Erfordernisse von Frcs. 7.380.000 in den Staatsbesitz über; die Pyrenäen mit 19 Arbeitsfeldern in der Gesamtausdehnung von 13.656 ha, wiesen zu ihrer Zeit bereits 10.020 ha mit einem Aufwande von Frcs. 1.867.456 zum Zwecke der Wildbachverbauung erworbenenen Staatsbesitz auf. Insgesamt befanden sich sonach mit Ende Dezember 1892 von der zur Erwerbung in Ausgesicht genommenen Gesamtfläche von rund 320.000 ha, bereits 100.711 ha im Staatsbesitze und betrug der mit der Erwerbung verbundene Aufwand Frcs. 17.002,540.

Uebergehend auf die eigentliche Verbauungsthätigkeit, welche durch den Feldzug des Jahres 1870 nicht unterbrochen wurde und welche mit der Grunderwerbung entsprechenden Schritt hält. ist hervorzuheben, dass mit Ende des Jahres 1892 in 69 Périmètres mehr oder minder emsig gearbeitet wurde, wohingegen in übrigen Gebieten, und zwar 14 in den Alpen, 4 in den Cevennen und 8 in den Pyrenäen die Arbeiten der Inangriffnahme harrten. Innerhalb der

Périmètres sind einzelne Wildbäche bereits vollkommen verbaut, einzelne sind in Verbauung begriffen. Die Tafel Nr. 7 gibt hierüber in übersichtlicher Weise Aufschluss.

Tafel Nr. 7.

Region	Departements	Ausgeführte oder im Zuge befindliche Arbeiten				Zu unternehmende Arbeiten			
		große Wildbäche		sekundäre Wildbäche					
		verbaut	in Verbauung begriffen	verbaut	in Verbauung begriffen	große Wildbäche		sekundäre Wildbäche	
Alpen	8	24	109	81	249	165	510	298	840
Cevennen	6	4	21	51	77	7	46	32	174
Pyrenäen	5	3	10	5	20	30	50	43	75
Zusammen	19	31	140	137	346	202	606	373	1089
		171		483		808		1462	
		654							

Die mit Ende des Jahres 1892 bewerkstelligten Leistungen und die hiemit verbunden gewesenen Auslagen stellten sich wie folgt:

1. Aufforstungen: 62,429 ha Grundfläche mit einem Aufwande von Frcs. 15.000.274. Hievon entfallen 19.957 ha auf Verjüngung durch Saat und 42.482 ha auf Verjüngung durch Pflanzung.

2. Verbauungen: 384 Thalsperren 1. Ordnung, 1906 Thalsperren 2. Ordnung, 17.539 rustikale Thalsperren, 340 km regulierte Bachbette, 218 km Drainagen, sämtliche Leistungen mit einem Aufwande von Frcs. 7.786.927.

3. Hilfsarbeiten: 3875 km Wege, auf deren Herstellung in Frankreich besonders Gewicht gelegt wird, 978 km Einfriedigungen mit einem Aufwande von Frcs. 3.293.601. Hiezu wären noch verschiedene kleinere, mit einem Aufwande von Frcs. 1.485.050 ausgeführte Arbeiten zu rechnen, so dass sich für die sämtlichen Leistungen, welche auf den dem Staate gehörigen Gebieten ausgeführt wurden, das namhafte, ohne Konkurrenzbeiträge aus dem Budget für die Forstverwaltung bedeckte Erfordernis von Frcs. 27.565.852 ergab.

Zu den vorstehenden Angaben ist noch kurz folgendes zu bemerken: Die Saat kam insbesondere in den Cevennen, woselbst

das Auftreten des Kalkes ein seltenes ist, zur Anwendung, dagegen wurde in den Alpen fast ausschließlich der Pflanzung der Vorzug eingeräumt.

In den Alpen wurden die Thalsperren zumeist in Mörtel oder doch in gemischter Mauerung ausgeführt, in den Cevennen kamen zumeist rustikal gehaltene Objekte zur Herstellung, während in den Pyrenäen, woselbst es an schönem, großem Steinmateriale nicht mangelt, die Thalsperren in solider Mauerung ausgeführt werden konnten. Die ausgewiesene Wegherstellung, welche auf die Anlage ganzer Wegnetze schließen lässt, teilt sich in 83 km Waldwege von 3 bis 4 m Breite, 1980 Pfade für Saumtiere von 1 bis 2 m Breite und in 1812 km Steige für Fußgänger. Die hergestellten Einfriedigungen, welche zumeist den Schutz der Kultur- und Bruchflächen gegen Weidevieh bezwecken, zerfallen in 68 km Draht-, 16 km Holzzäune, in 792 km Mauern und 102 km Gräben. Die Einfriedigungen mittelst Mauern kamen mit Rücksicht auf das Vorhandensein des Materials (Silurschiefer) fast ausschließlich in den Cevennen zur Ausführung.

Ueberraschen schon die vorstehenden Daten, insbesondere wohl jene über den bisherigen Kostenaufwand, so muss man über die Aufgabe staunen, welche sich Frankreich für die Folge auf dem Gebiete der Wildbachverbauung gesetzt hat. Wie ausgeführt, hatte der Staat mit Ende Dezember 1892 bereits 100.711 ha Grundfläche erworben und davon 62.439 ha durch Verbauung und Aufforstung der endgiltigen Beruhigung zugeführt. Es wären sonach von dem erworbenen Besitze noch weitere 38,272 ha der Verbauung und Aufforstung zu unterziehen gewesen. Der Voranschlag für die auf dieser Fläche auszuführenden Arbeiten stellt sich wie folgt: für Aufforstungen Frcs. 8.376,660, für Verbauungen Frcs. 6.852.940, für Hilfsarbeiten Frcs. 1.488.000, für allgemeine Auslagen Frcs. 657.000, zusammen Frcs. 17.374.900. Es wird sich also für die Beruhigung des ganzen, dem Staate gehörigen Terrains von 100,711 ha nebst der Erwerbung ein Aufwand von Frcs. 44.940.752 oder rund Frcs. 476 für 1 ha ergeben.

Hiemit soll das Ziel, welches sich der Staat gesetzt hat, noch nicht erreicht sein. Von der früher ausgewiesenen, der Verbauungsaktion unterworfenen Fläche von 319.982 ha werden noch 219.281 ha zu erwerben sein. Das hiefür in Aussicht genommene Erfordernis beläuft sich für die Erwerbung auf Frcs. 37.780.247

und für die Verbauung auf weitere Frcs.104.594.232, zusammen sonach auf Frcs. 142.374.479.

Die Durchführung der ganzen, bis jetzt in den Alpen, Cevennen und im centralen Plateau, dann in den Pyrenäen geplanten Wildbachverbauungsaktion vorausgesetzt, werden sich die Kosten wie folgt stellen: Erwerbung und Verbauung von 100.711 ha Grundfläche Frcs., 61.943.292, Erwerbung und Verbauung der weiteren 219.284 ha Grundfläche Frcs. 142.374.479, insgesamt Frcs. 204.317.771.

Dieser mit Ende 1892 abschließende Bericht findet eine Ergänzung in dem offiziellen Katalog der Pariser Weltausstellung, die Forstverwaltung betreffend.[327]) Es ist demselben zu entnehmen, dass mit Ende 1899, abgesehen von jenen Wildbächen, welche als bereits beruhigt angesehen werden können und von jenen Schuttkegeln, welche für die Kultur wiedergewonnen sind, bereits bei 170,000 ha wieder aufgeforstet wurden. Davon entfallen:

1. auf die Staatsverwaltung 98.500 ha;
2. auf subventionierte Gemeinden 41.500 ha;
3. auf Privatbesitzer 28.900 ha.

Der Kredit, welcher bisher der Staatsverwaltung zur Verfügung gestellt wurde, beläuft sich auf rund Frcs. 62.700.000, und es entfallen Frcs. 24.400.000 auf Verbauungen und Aufforstungen.

Die von den Gemeinden und von Privatbesitzern bisher ausgeführten Arbeiten erforderten Frcs. 9.770.000, zu welchen der Staat 49 Prozent und die Departements 17 Prozent beigesteuert haben.

Was die Einrichtung des Dienstes anbelangt, so ist in Frankreich die Wiederherstellung der Gebirgsgründe der Staatsforstverwaltung übertragen, welche dafür eine eigene Abteilung, den „Aufforstungsdienst", geschaffen und zur Ausführung der Arbeiten ein mit denselben besonders vertrautes Personal herangebildet hat. Man ist allerdings, wie Fankhauser in seinem Reiseberichte[170]) hervorhebt und bedauert, in Frankreich in neuerer Zeit und kaum zum Vorteile der Sache bestrebt, den Aufforstungsdienst mit dem allgemeinen Forstverwaltungsdienste zu verschmelzen. Im Jahre 1896 bestanden nur noch in fünf

327) „Catalogue général officiell". Groupe IX, Classe 49 der Weltausstellung in Paris 1900.

Direktionsbezirken besondere Forstbehörden für das Aufforstungswesen mit im ganzen nur 14 Beamten!

Schweiz.

In der Schweiz war man schon in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhundertes bemüht, die schädliche Wirkung der Wildbäche durch Behebung der Ursachen zu bekämpfen. So wurde bereits, wie an anderer Stelle zu erwähnen Gelegenheit war, im Jahre 1838 vom Vogte Jenny die systematische Verbauung der Runsen des Niederurnenbaches im Kanton Glarus mit bestem Erfolge vorgenommen. Auch Josef Duile, einer der eifrigsten Vorkämpfer für die systematische Verbauung in Oesterreich, soll sich in der Schweiz bethätigt haben.

Bis zu Anfang der sechziger Jahre des 19. Jahrhunderts, fiel das Wasserbauwesen der kantonalen Verwaltung und Gesetzgebung zu. Eine einzige Ausnahme machte die Linth-Korrektion. welche in den ersten Dezennien des 19. Jahrhunderts zu Stande gekommen war.

Unter der Bundesverfassung von 1848 wurden dann zu erstgenannter Zeit für die Korrektionen des Rheins, der Rhone und der Juragewässer Bundesbeiträge bewilligt. Es geschah dies durch besondere Bundesbeschlüsse für jedes einzelne Werk, gestützt auf Artikel 21 der Bundesverfassung, welcher im Allgemeinen gestattete, im Interesse der Eidgenossenschaft oder eines größeren Teiles derselben auf ihre Kosten öffentliche Werke zu errichten oder zu unterstützen und wurde jeweilen dem Bunde die Oberaufsicht über den Bau und den künftigen Unterhalt des Werkes übertragen.

Den Anstoß zu einem systematischen Vorgehen des Bundes im Wasserbauwesen bildeten aber die Verheerungen, welche das zu Ende September 1868 eingetretene Hochwasser im Süden und Südosten der Schweiz anrichtete. Infolge dessen übernahm der Bund die Aufgabe, zum Zwecke einer allgemeinen Verbesserung der Zustände an den Gewässern, in konsequenter Weise auszuführende Korrektionen und Verbauungen finanziell zu unterstützen.

Im Bundesbeschluss vom 20. Juli 1871 wurde ohne irgend welche Beschränkung die Korrektion und Verbauung der Wildwässer und die Aufforstung der Quellengebiete als vom Bunde zu unterstützende Werke von allgemein schweizerischem Interesse erklärt und die erforderlichen Bestimmungen über das Verhältnis

von Bund und Kantonen bezüglich der Ausführung solcher Werke festgesetzt.

Der weitere Ausbau der Gesetzgebung erfolgte dann unter der Bundesverfassung des Jahres 1874 durch die in der Ausführung des speziell darauf bezüglichen Art. 24 erlassenen Bundesgesetze über Wasserbaupolizei und Forstpolizei.

Im Wasserbaupolizeigesetze vom 22. Juni 1877 wurde den Kantonen die Verpflichtung auferlegt, an den Gewässern die vom öffentlichen Interesse verlangten Arbeiten nach und nach auszuführen, die Wasserbaupolizei sowohl in Beziehung auf die Ausführung und den Unterhalt dieser Arbeiten, als auf die Verhinderung schädlicher Arbeiten an den Gewässern und solcher Benutzungen der letzteren zu handhaben und daher auch die diesbezüglichen Verhältnisse durch Gesetz oder Verordnung zu regeln.

Dem Bunde wurde, unter Festhaltung der schon im Beschlusse von 1871 bestimmten Beitragsleistung an die Arbeiten der Kantone, die Oberaufsicht über Bau, Unterhalt und über die Wasserbaupolizei überhaupt übertragen.

Der seitherige Vorgang bei solchen Unternehmungen ist der folgende:

Die Regierung eines Kantons reicht dem schweizerischen Bundesrate ein Gesuch um Unterstützung einer Wildbachverbauung ein. Das vorgelegte Projekt wird dann nach erfolgter Lokalbesichtigung seitens des eidg. Oberbauinspektorates geprüft und eventuell mit gewissen Abänderungen und Ergänzungen durch Vermittlung und Antrag des eidg. Departements des Inneren dem schweizerischen Bundesrate zur Genehmigung empfohlen. Der betreffende Kanton erhält hierauf durch Beschluss des Bundesrates einen Beitrag von $33\frac{1}{3}$ bis 50 Proz., zahlbar in vorher bestimmten Annuitäten.

Die Ausführung der Arbeiten erfolgt entweder durch ein Bau-Konsortium oder durch die Organe einer Gemeinde oder direkt durch Organe des Kantons unter Oberaufsicht der technischen Organe des Bundes, welche, so oft als zweckmäßig, Inspektionen vornehmen.

Nach Beendigung der Arbeiten wird die Kollaudierung vorgenommen, die Restbezahlung erfolgt und der Kanton übernimmt den Unterhalt, welcher vom Bunde überwacht wird.

Was die bisherigen Leistungen anbelangt, so sind im Ganzen bis Ende 1900 für Wildbachverbauungen Frcs. 8845740,52 Bundes-

subventionen ausbezahlt worden; hievon entfallen auf die einzelnen Flussgebiete folgende Summen:

Rheingebiet	Frcs.	1683299,20
Aaregebiet	„	2107563,53
Reußgebiet	„	1445335,70
Limmat (Linth)	„	1533113,92
Rhone	„	1448849,85
Tessin (Po)	„	404492,11
Inn und übrige Gewässer	„	223086,21

Um jedoch das Gesamtbild der in der Schweiz seit der neuen Bundesverfassung des Jahres 1874 entfalteten Thätigkeit im Wildbachverbauungswesen zu erhalten, würde noch jene Summe hinzukommen, welche gemäß Forstgesetz vom 24. März 1876 hiefür bewilligt worden ist und zwar für Lawinenverbauungen, Verbauungen und Aufforstungen. Bezüglich dieser stehen die Zahlen bis Ende 1901 zur Verfügung. Seit Inkrafttreten des Bundesbeschlusses vom 21. Juli 1871, betreffend die Bewilligung eines Bundesbeitrages für Schutzbauten an Wildwässern und für Aufforstungen im Hochgebirge, wurde bis Ende 1901 in Wildbachgebieten eine Fläche von 6074 ha mit dem Erfordernisse von Frcs. 2330189 aufgeforstet und zum Schutze dieser Aufforstungen verschiedene Verbaue mit dem weiteren Erfordernisse von Frcs. 2888903 ausgeführt. Das Gesamterfordernis beträgt also rund 5220000 Frcs. und sind hierin zahlreiche Aufforstungen von Lawinenzügen und von Steinschlagstrichen nicht inbegriffen. Die Bundesbeiträge schwanken bei Aufforstungen zwischen 30—70 Proz., bei den Verbauungen zwischen 30—50 Proz.; die Beiträge der Kantone zwischen 8—20 Proz. des Gesamterfordernisses. Die Thätigkeit war insbesondere in den Kantonen Bern, Tessin, St. Gallen und Graubünden bedeutend.*)

In dem in der Fußnote [328]) angegebenen Kataloge findet sich

*) Diese Mitteilungen sind der Liebenswürdigkeit des eidgenössischen Oberbau-Inspektorats in Bern zu verdanken.

328) „Spezieller Katalog der Kollektiv-Ausstellung von Bund und Kantonen, betreffend Flusskorrektionen, Wildbachverbauungen, Entsumpfungen und Straßenwesen“; Bern 1896.

329) „Mémorial des Travaux Publics du Canton de Vaud“; Lausanne 1896. In italienischer Sprache auszugsweise unter dem Titel: „I lavori pubblici nel Cantone di Vaud“; von Ingenieur G. Crugnola, Turin 1898.

eine kurze Beschreibung der allgemeinen Verhältnisse der einzelnen Bäche, und es gibt übrigens das an anderer Stelle bezogene, vom eidgenössischen Oberbau-Inspektorate herausgegebene Werk „Die Wildbachverbauung in der Schweiz“ [188]) über die in den einzelnen Bächen herrschenden Verhältnisse vollen Aufschluss. Auch die einzelnen Jahresberichte des eidgenössischen Departements des Inneren über dessen Geschäftsführung, Abteilung Bauwesen, enthalten wissenswertes Detail.

Ueber Arbeiten, welche im Kanton de Vaud ausgeführt wurden, gibt die in der Fußnote [329]) angeführte Publikation Aufschluss.

Die Einrichtung des Wildbachverbauungsdienstes in der Schweiz ist insofern keine einheitliche, als die ausgeführten Arbeiten von Fall zu Fall einmal den Bau- und das andere Mal den Forsttechnikern übertragen werden, welche alle im Dienste des Bundes und der Kantone stehen.

Italien.

In Italien ist eine Periode vor dem Jahre 1893 und eine nach diesem Jahre zu unterscheiden. Vor dem Jahre 1893 wurden nur wenige Werke ohne Einflussnahme des Staates von den Interessenten ausgeführt. Sie befinden sich auf der ganzen Halbinsel zerstreut, haben keine spezielle Geschichte und keine hebt sich unter den anderen merklich hervor. Sie wurden in ganz verschiedener Art errichtet, bestehen aber ohne Ausnahme in Sperren in Mauerwerk oder in Holz von mittlerer Höhe und in Aufforstungen.*)

Im Jahre 1893 erhielt die Gesetzgebung eine besondere Ausdehnung durch bessere Berücksichtigung der öffentlichen Arbeiten, denn vorher kam, was Wildbäche anbelangt, eigentlich nur das Aufforstungsgesetz vom 1. März 1888 in Frage.[330]) Auf Grund dieser Gesetzgebung des Jahres 1893 [331]) können als Wasserbauten 3. Kategorie, — die 1. und 2. Kategorie betrifft die öffentlichen Schiffahrts- und die Dammwerke, — die Regulierung der Wasserläufe, welche den Zweck verfolgt, Straßen- und Eisenbahnen zu schützen,

*) Ich verdanke diese Mitteilung der Liebenswürdigkeit des Ingenieurs Carlo Valentini in Brescia.

330) „Legge portante disposizioni intese a promuovere i rimboscamenti“; 1⁰ marzo, 1888.

331) „Appendice alla Legislazione sui lavori pubblici“; (No. 147 della Biblioteca legale) contenente: La Legge modificatrice, 30. Marzo 1893 n. 173, la circolare del Ministero dei Lavori Pubblici sulla sistemazione dei torrenti etc.

mächtige Wasserläufe zu verbessern oder ausgedehnte Gebiete vor Hochwasser zu bewahren, erklärt werden.

Die Kosten solcher Bauten fallen zu $^1/_3$ zu Lasten des Staates, $^1/_6$ übernimmt die Provinz, welche hiebei interessiert ist und $^1/_6$ die interessierten Gemeinden, während das restliche Drittel zu Lasten des Interessenten-Konsortiums, der Genossenschaft, fällt.

Es hat aber die Erfahrung gelehrt, dass die Bildung der Genossenschaften sehr langsam vor sich geht, denn obwohl für manche Gebiete die Klassifikation nach 3 Kategorien bereits erfolgt ist, sind die Regulierungsarbeiten bisher erst nur in einigen wenigen Fällen eingeleitet worden.

Im Jahre 1889 ließ die Regierung, durch die schweren, von den Hochwässern in den vorigen Dezennien verursachten Schäden besorgt gemacht, die Projekte betreffend die Regulierung der Gebiete der Adda, der Brenta und des Vomaro versuchsweise studieren. Aber diese Studien verblieben im Projekts-Stadium, vielleicht auch deswegen, weil im letzten Dezennium Trockenheit vorherrschte, die Wildbäche sich ruhiger verhielten und die öffentliche Verwaltung ihre Sorge vorwiegend auf die für das Reich scheinbar wichtigeren Fragen der Eisenbahnen, Häfen und anderer Meliorationsarbeiten richtete.

Das Studium des Projektes, betreffend das Gebiet der Adda und ihrer Nebenbäche war dem bekannten Wasserbauingenieur Carlo Valentini anvertraut und sind über das Ergebnis die beiden in den Fußnote[332], [333]) namhaft gemachten Arbeiten von ihm veröffentlicht worden.

Eine dieser Publikationen enthält die wichtigsten hydrographischen Daten über die Wildbäche der Valtellina, die andere bringt in Kürze die von Valentini gemachten Anträge betreffend die Regelung der Wasserläufe jenes Gebietes.

Es soll auch auf einen größeren Thalsperrenbau in Italien, auf die Thalsperre bei Casalecchio verwiesen werden, die aller-

332) „La sistemazione idraulica della Valtellina"; Nota dell' Ing. Carlo Valentini. Milano 1890.

333) „Corsi d'Acqua della Valtellina"; Dati idrografici rilevati dalla Sezione Speciale, del genio Civile di Sondrio per lo studio dei torrenti. Sondrio 1896.

334) „La Chiusa di Casalecchio e i lavori eseguiti dalla Provincia di Bologna per la Chiusura della Rotta di Reno in Sinistra avvenuta il 1. Ottobre 1893 e per la sistemazione, dei fiume a monte della Chiusa"; von Ing. Ugo Brunelli und Filipo Canonici. Bologna 1896.

dings vornehmlich den Zweck hat, das Wasser des Reno in einen künstlichen, am rechten Flussufer errichteten Kanal zu leiten.[334]) Dieser Kanal führt den vielen an demselben auf einer Strecke von 3 km gelegenen Fabriksetablissements die nötige Triebkraft zu, versorgt die dortigen landwirtschaftlichen und hygienischen Anstalten mit dem erforderlichen Wasser, ermöglicht die Bewässerung der am Flusse gelegenen Gärten und durchfließt einen großen Teil der Unratskanäle der 6 km unterhalb der Sperre gelegenen Stadt Bologna.

Die erste Anlage dieser Sperre dürfte in das Jahr 1191 fallen, doch war das Werk früher aus Holz gebaut und von einfacher Konstruktion. Sie wurde durch Hochwässer wiederholt zerstört. Nach einer solchen Zerstörung wurde seitens der Sachverständigen erhoben, dass zur Wiederherstellung 40.000 Pitolen und 6400 Fuhren Reisig erforderlich wären. In Anbetracht dieses großen Holzerfordernisses hat der Senat von Bologna beschlossen die Sperre in Stein und Mörtel herstellen zu lassen. Dies geschah im Jahre 1324. Aber auch die steinerne Sperre wurde öfters beschädigt, zuletzt im Jahre 1894, bei welchem Anlasse sie sogar umgegangen wurde und der Fluss sich ein neues Bett um dieselbe ausgegraben hat. Um dem Uebel abzuhelfen und die Wiederholung solcher Schäden hintanzuhalten, wurde die Sperre im Jahre 1894 wieder in Stand gesetzt und durch mehrere Nebenwerke verstärkt.

Gegenwärtig ist das Objekt eines der schönsten und wertvollsten Wasserbauwerke, welche Italien zieren.

Was die Wiederbewaldungsarbeit anbelangt, die auf Grund des Gesetzes vom 1. März 1888 durchgeführt wurde, so stehen dem Verfasser Daten bis Ende 1894 zur Verfügung. Dieses Gesetz räumt dem Staate das Recht besonderen imperativen Einschreitens ein und legt den Schwerpunkt der Aktion auf die Durchführung der kulturellen Maßnahmen in den Perimetern der Wildbäche. Neben zahlreichen baulichen Leistungen — das diesbezügliche Erfordernis belief sich mit Ende 1894 auf rund Lire 1.200,000 — wurden große Flächen öden Gebirgslandes innerhalb der Wildbachperimeter wiederbewaldet. Die Fläche betrug annähernd 17,000 ha und das hiefür aufgewendete Erfordernis in runder Ziffer Lire 3.400.000. Für bedeutende Verbauungsarbeiten und damit im Zusammenhange stehende Kulturen waren die Projekte bereits ausgearbeitet. Die Beiträge des Staates können im Durchschnitte

mit 50 Prozent des Erfordernisses angenommen werden. Die restlichen 50 Prozent entfallen auf die Provinzen, Gemeinden und Privaten. Der größte Teil der Arbeitsfelder liegt in den Alpen.

Bezüglich des Aufforstungswesens wird außer auf die, an anderer Stelle bezogene Schrift „Rimboschimento della Provincia d'Aquila"[206]), auch noch auf die in den Fußnoten[335]—[337]) angegebenen Schriften verwiesen.

Die Aktion der Aufforstung entwaldeter und gerodeter Grundstücke in Italien obliegt den auf Grund des Gesetzes vom Jahre 1877 gebildeten provinzialen Aufforstungskommissionen, deren bis jetzt 15 gebildet sind. Sie beziehen jährlich vom Staate eine Subvention von 2000—30000 Lire und vollziehen ihre Arbeiten im Einvernehmen mit der Staatsforstverwaltung.

Hervorzuheben sind die in den Provinzen Cosenza, Cuneo, Udine und Messina eingeleiteten Aufforstungen, welche teils mit der Sicherung der betreffenden Gehänge behufs Hinanhaltung von Erdrutschungen, teils mit Runsen-, Lawinen- und Wildbachverbauungen und Dünenfestigungen Hand in Hand gehen.

Genauen Aufschluss über die durchgeführten Aufforstungen gibt auch das „Bollettino ufficiale per l'amministrazione forestale italiana".

Ueber eine spezielle Arbeit, Runsenverbauung im Wildbache „Bogna", auf welche sich auch Abbildung Nr. 39, Seite 132, bezieht, gibt die in der Fußnote[338]) bezogene Schrift Aufschluss.

Der Wildbach Bogna im Gebiete von Ossola bedeckte mit Schutt und Blöcken und verwüstete vollständig die Thäler von Domodossola, Caddo und Preglia.

Um dem Uebel abzuhelfen, wurden hohe Summen verwendet (vom Jahre 1874—1888 über 230000 L.), welche jedoch keineswegs zum ersehnten Erfolg führten, weil die ausgeführten Arbeiten ausschließlich im Thale und am Bache selbst bewerkstelligt wurden, die Ursache aber der sich immer mehr bemerkbar machenden Erweiterung der Runsen von Bognanco nicht beachtet wurden.

335) „Relazione sui Rimboschimenti e sulle Opere di Difesa contro le Valanghe et le Frane eseguite dall' Ispettorato forestale Ticinese." Bellinzona 1900.

336) „Relazione sulla Contabilità speciale bosco montello al 31 dicembre 1899"; Roma 1900.

337) „Aufforstungen in Italien;" Oesterr. Forst- und Jagdzeitung Nr. 33, 1902.

338) Progetto di correzione delle frane site sulla sponda sinistra del torrente Bogna in territorio di Bognancodentro. Novara 1898.

Erst als der Gemeinde durch einen Privatmann, Cav. Galletti, ein Kapital von 40000 Lire mit der Bestimmung hinterlassen wurde, dass mit den Zinsen unter anderen nach und nach die erwähnten Runsen verbaut werden sollen, wurde der Forstinspektor in Novara mit der Verfassung eines Projektes zur Verbauung, Konsolidierung und Aufforstung derselben betraut.

Nach dem vom Forstinspektor C. Fanchiotti verfassten Projekte befinden sich am linken Ufer des Bagno, aber nicht in unmittelbarer Berührung mit dem Bache, vier große Runsen Gabbio, Graniga, Colorio und Pizzaneo.

Die gefährlichste dieser Runse ist jene von Graniga in einer Seehöhe von 1016 m, mit einer Fläche von 25 ha und einer Abdachung von 35—40 Proz.

Zur Befestigung derselben wurden Sperren aus großen Blöcken in Trockenmauerwerk und Mörtel, besonders an den engen Stellen und wo Steige die Runse durchqueren, ferner besonders an den in Bewegung befindlichen Stellen, Pilotierungen, dann die Berasung und Aufforstung der versicherten Flächen projektiert. Am Fuße der Runse Gabbio ist eine Schutzmauer zur Wiederherstellung des ursprünglichen Bachbettes, dann Pilotierungen sowie Versicherungen mit Weiden- und Erlenfaschinen vorgesehen. Zur Verbauung der Runse Colorio sind 12 Sperren projektiert. Die Runse Pizzaneo hat eine Fläche von 6 ha und eine Höhe von 140 m, liegt oberhalb des einzigen Verkehrsweges, ist fortwährend in Bewegung und gefährdet das Leben der Passanten. Der obere Teil der Runse ist bebuschter Gemeindegrund und wird dessen Befestigung mit Sperren und mit Pfahlwerken, dann durch Aufforstung leicht erreicht werden.

Der untere Teil ist von Privatwiesen und bebuschten Grundstücken umgeben und wird größere Arbeiten erfordern. Unerlässlich ist eine größere Sperre mit Gegensperre zur Aufnahme des Materials am Fuße der Runse. Dieselbe wird zugleich als Weg dienen.

Unmittelbar am Bache sind noch 5 Runsen wahrzunehmen, deren Verbauung mit Stützmauern als Verlandungswerke, zugleich als Wege, dann mit kleineren Sperren bewerkstelligt werden soll

Das Gesamterfordernis ist mit 131 722 Lire angesetzt, worunter die Kosten der Anlage einer 540 m^2 großen Baumschule inbegriffen sind.

Die Instandhaltungskosten wurden mit 2500 Lire jährlich ver-

anschlagt. Die Verbauung wurde im Jahre 1899 eingeleitet und die Runsen von Gabbio und Graniga versichert.

In der Schlucht von Secciola wurde die sog. Gallettisperre mit dem Kubikinhalte von 777,25 m^3, 4,55 m stark, 3,80 m hoch, 29,45 m lang, erbaut und andere kleinere Sperren und Mauern unter Verwendung von 18885,27 Lire errichtet, dann 80000 Pflanzen gesetzt. Im Jahre 1900 wurden die Arbeiten in den Runsen von Graniga fortgesetzt und die Runsen Gerbi und Pizzaneo verbaut, 27000 Pflanzen gesetzt und zusammen 23286,30 Lire verausgabt. Im Jahre 1901 wurde diese Sperre erhöht und weitere Sperren, dann Schutzmauern bei Graniga und Pizzaneo errichtet, 62090 Pflanzen gesetzt und 19638,39 Lire verausgabt. Der bisher verwendete Betrag erreicht somit die Summe von 61820,26 Lire. Weitere Arbeiten beschreibt Serrazanetti in den von ihm verfassten, früher bezogenen Publikationen [277, 279].)

Deutschland.

Was Deutschland anbelangt, so kommen eigentlich bisher nur Bayern und Württemberg in Betracht. Dem in der Fußnote [339]) angeführten Berichte ist bezüglich der Sicherung des bayerischen oberen Allgäus vor Vermurung, Ueberschwemmung und Versumpfung durch Wildbachverbauung folgendes zu entnehmen.

Das bayerische obere Allgäu, im südwestlichen Winkel des Königreichs gelegen, bildet nahezu ein orographisch abgeschlossenes Quellgebiet, nämlich das der oberen Iller, des bei Ulm mündenden ersten Seitenflusses der Donau. Es ist durchwegs Gebirgsland, seine Berge gehören zu den nördlichen Kalkalpen. Die Hauptkette besteht aus Dolomit und aus Lias, die Zwischenzüge und Vorberge aus Flysch-Neocän und Molasse. Das Vorherrschen weicher Schichtungen, das massenhafte Vorkommen von Glacial- und Gehängeschutt, die häufigen und starken Niederschläge (durchschnittliche jährliche Niederschlagshöhe von 1630 mm), dazu eine mäßige Bewaldung des sich vorzüglich zum Graswuchse eignenden Bodens haben eine starke Erosion in dem Bette der Bergbäche zur Folge, welche bereits ein der Thalkultur nachteiliges Stadium erreicht hat. Die Thalläufe sind ungemein mit Gerölle gefüllt, daher verwildert. Der Hauptfluss, die Iller, die nächst Oberstdorf durch die Vereinigung der drei Hauptbäche

339) „Die deutsche Landwirtschaft auf der Weltausstellung in Paris 1900“. Bonn 1900.

Breitach, Stillach und Trettach entsteht, ist von da an auf ca. 10 km Länge bis zu 4 km über die Thalsohle erhöht und bis zum Ausgange des Gebietes, bei der Flussenge von Thanners, 7 km unterhalb Immenstadt, auf im Ganzen 17 km Länge, gänzlich regellos und zeigt überall starke Aufhöhungstendenz. Die Gebietsgröße beträgt bis zu genanntem Punkte 767 km. Zur Verhütung weiterer Verschlimmerung dieser Zustände, zur Wiedergewinnung des durch Vermurung und Versumpfung verloren gegangenen Landes und zum ausgiebigen Schutz der bedrohten Siedelungen und Kulturgründe, hat sich die zuständige Kreisregierung von Schwaben und Neuburg schon im Jahre 1885 entschlossen, mit Mitteln des Kreises durch Staatsbautechniker die gefährlichsten Wildbäche verbauen zu lassen.

Es gelang, die Beteiligten zur freiwilligen Mitleistung, je nach der Intensität des Interesses, zu bewegen und von Seiten des Staates größere und regelmäßige Zuschussleistungen zu erhalten.

Seit 1887 sind im Ganzen 20 vollständige Verbauungen von Gebirgsbächen und außerdem 11 partielle Verbauungs- und Schutzanlagen von solchen ausgeführt worden. In zweiter Reihe sind 33 weitere Bachkorrektionen geplant.

Die Gesamtkosten der mit 350000 Mk. veranschlagt gewesenen ausgeführten Arbeiten betragen 452000 Mk., wobei Holz, Steine, sowie Grund und Boden von den Angrenzern und Beteiligten unentgeltlich abgegeben wurden.

Zugleich wurde auch die Regelung der Thalläufe angebahnt, sowie die Gssamtkorrektion der Iller auf 23 km Korrektionslänge mit 1265090 Mk. Kosten projektiert.

Die bisher ausgeführten Wildbachverbauungen umfassen im Ganzen 36,8 km vollständig verbaute Strecken mit rund 1000 Sperren und Schwellen von über 0,75 m Höhe. Es wurde hiezu ein Steinkubus von ca. 60000 m^3, an Holz ca. 2800 Festmeter verwendet.

Die unterwühlten Strecken wurden mit zusammenhängenden Treppenkorrektionen oder mit einzelnen größeren Thalsperren unter Herstellung des Ausgleichsprofiles, seltener nach dem Gleichgewichtsprofil verbaut. Größeren Objekten wird hier am liebsten ausgewichen. Sie kommen dagegen zur Herstellung von Fangbecken für das Verwitterungsprodukt zur Anwendung, wie solche an starken Gefällsbrüchen beim Austritt der Gebirgsstrecke in die Thalmulde angelegt werden. Die größte vorkom-

mende Höhe (Witzensprungsperre im Sperrbach) beträgt 25 m, die größte Länge 42 m. Alle Steinbauten werden als Trockenmauerwerk im Cyklopenverbande mit rauher Außenseite hergestellt. Die Verästelungen der Bäche und die Bruchhänge werden in bekannter Weise mit Flechtwerken, Holzschwellen etc. durch Auspflanzung und Besamung, Gras-Unterbau, befestigt.

Die Ablagerungsplätze in den oberen Bachstrecken werden gegen Erosion gesichert, die Schuttkegelläufe systematisch mit trapezförmigen oder schalenförmigen Profilen korrigiert. Im ersteren Fall erfolgt die Sohlenbefestigung je nach Gefälle.

In den Thalläufen wird das durch die Austiefung in Folge der Bachverbauungen in Bewegung gesetzte Material an geeigneten Stellen iu Fangbecken festgehalten. Zum Schutz gegen Abbruch des Gehänges und gegen Abbruch von Kulturland werden vorerst Schutzbauten, als Parallelbaue und Buhnen, in regelmäßigen Linien hergestellt. Gänzlich korrigiert wird die Stillach im Oberstdorfer Thalbecken unter Befestigung des Schuttkegels und unter Entwässerung des Thales mit Binnenkanälen.

Alle Bauten, Wildbach- und Korrektionsbauten, werden in eigener Regie, beziehungsweise im Arbeiterakkord ausgeführt.

Ueber die Verbauungen im Allgäu gibt auch das jüngst erschiedene Prachtwerk von E. Dubislav[340]) wissenswerte Auskunft.

Auf der Tagesordnung der Session des bayerischen Landtages vom Jahre 1902 stand die Frage der Errichtung zweier Sektionen für Wildbachverbauung, und zwar je einer für Oberbayern und Schwaben. Die Abgeordneten-Kammer hat nach längerer Debatte in der Sitzung vom 17. Februar 1902 die Gründung dieser beiden Sektionen beschlossen.

Hiebei gelangte die Anschauung zum Durchbruche, dass mit den Wildbachverbauungen die Bau- und Kulturtechniker und nicht die Forsttechniker zu betrauen seien, zumal die Arbeiten der Wiederbewaldung in den in Frage kommenden Gebieten Bayerns von mehr untergeordneter Bedeutung wären. Immerhin bleibe der Forstverwaltung noch immer eine ebenso schwierige als ehrenvolle Anteilnahme an dieser großen Kulturarbeit.

Der Bayerische Finanzminister Dr. Freiherr v. Feilitzsch trat für die Verwendung der Wasserbautechniker ein, jedoch mit der

340) „Wildbachverbauungen und Regulierung von Gebirgsflüssen“, von E. Dubislav, Berlin 1902.

Einschränkung, dass diese bei der Regulierung der Flussläufe allein thätig zu sein, wo es sich aber um Aufforstungen handle, gemeinsam mit der Forstbehörde zu wirken haben. Im allgemeinen sei die Frage, ob die Wildbachverbauung besser Forst- oder Wasserbautechniker zu übertragen sei, eine offene; in Bayern aber müsse, da es sich bei den bayerischen Flussverhältnissen weniger um die Aufforstung als um die Regulierung der Wasserläufe handle, zu Gunsten der letzteren entschieden werden.

Von Interesse sind einzelne Zeitungsstimmen, welche sich anlässlich der bezüglichen Verhandlungen mit dem Gegenstande befassten.

In einem in den „Münchener Neuesten Nachrichten“ vom 7. Februar 1902 erschienenen Artikel wurde hervorgehoben, dass vor allem Forsttechniker berufen seien, die Sektionen für Wildbachverbauung zu bilden, und betont, dass in Oesterreich und Frankreich, den „Musterländern der Wildbachverbauungen“ ausschließlich Forsttechniker diese Arbeit leiten.

Es sei schon vor mehreren Jahren ein ähnlicher Vorschlag, der aber leider ohne Beachtung blieb, und zwar dahin lautend gemacht worden, die Wildbachverbauungs-Sektionen nur aus Forsttechnikern, die zunächst in Frankreich oder Oesterreich an Ort und Stelle Studien zu machen hätten, zu bilden. Diese Sektionen wären dem hydrotechnischen Bureau auzugliedern und dieses durch Bautechniker entsprechend zu verstärken.

Der Verfasser jenes Artikels hätte von einem solchen gedeihlichen Zusammenwirken von Forst- und Bautechnikern die beste sachgemäße Ausarbeitung und Durchführung der Projekte erwartet. Die Wildbachverbauung wird als eine der schönsten und dankbarsten Arbeiten des Forsttechnikers bezeichnet. Das bayerische Staatsforstpersonal sei mehr als genügend an Zahl, vielfach von Jugend an mit den Bergen vertraut, und an den Dienst bei Wind und Wetter gewöhnt; es habe sich im Kampfe mit den Naturkräften eine Summe von Kenntnissen und Erfahrungen gesammelt, welche sich unschwer durch Reisen und besondere Studien zu dem erweitern lassen, was für den Wildbachverbauungsdienst erforderlich ist. Diese praktischen Erfahrungen seien nach Ansicht des Einsenders gerade in diesem Falle wichtiger, notwendiger und schwerwiegender als eine Ueberlegenheit in der technichen Ausbildung. Das zahlreiche Personal der Staats-Forstverwaltung ermöglicht es auch rasch für geeigneten Ersatz zu sorgen, auch

wird die Staats-Forstverwaltung jederzeit im Dienste der Gebirgsforstämter Leute heranziehen können, die schon bei ihrem Eintritte in den Dienst der Verbauungssektionen ein gewisses Maß von Spezialkenntnissen besitzen.

Was den Kostenpunkt betrifft, wurde darauf hingewiesen, dass der Forsttechniker viel mehr gewohnt ist, mit geringen Mitteln hauszuhalten und alle kleinen, von der Natur gebotenen Hilfen und Vorteile auszunützen.

Von anderer Seite wurde wieder zu Gunsten der Wasserbautechniker geschrieben und bemerkt, es musste in Oesterreich ein ganz neuer Personenstatus geschaffen werden, denn es bedinge der trostlose Zustand der Gebirge, dass die eigentliche Aufforstung, und zwar nicht allein der Bachgehänge, sondern der ganzen Quellgebiete weit in den Vordergrund tritt, wie z. B. in Südtirol und in Kärnten. Dagegen sind die bayerischen Bewaldungsverhältnisse noch ideal zu nennen und es treten deshalb die rein technischen Maßnahmen weit in den Vordergrund.

Was die bisherige Thätigkeit auf dem Gebiete der Wildbachverbauung in Württemberg anbelangt, so wird auf das bezogene Werk Dubislavs [340]) sowie auf einen bezüglichen Artikel der österr. Vierteljahresschrift für Forstwesen [341]), verwiesen. Vornehmlich wurde dort im Quellgebiete der Murg und zwar im Böselbache und am Ilgenbache, d. i. im westlichsten Teile des württembergischen Schwarzwaldes gearbeitet. Teilweise stammen die Verbauungen schon aus älterer Zeit, kleinere Sperren aus Holz und Stein, teilweise wurden solche nach dem November-Hochwasser des Jahres 1890 und zwar zumeist aus Stein ausgeführt. Sie bestehen in vollständiger Abtreppelung der in Frage kommenden Bachstrecken durch Steinsperren, verbunden mit der Sicherung der Böschungen durch Abpflasterung. Die Sperren, eigentlich Grundschwellen, sind bogenförmig angelegt und es springen die einzelnen 30—50 cm starken Schichten treppenförmig vor. Die Schichten sind nicht horizontal, sondern geneigt, bergwärts gekehrt, Fig. 114, Seite 354. Die obere Breite der Sperren beträgt $^{11}/_{10}$ der Sohlenbreite des Baches unterhalb der Sperren, so dass die Bachsohle zwischen den einzelnen Bauwerken im Grundriss die Form eines abgestumpften Kegels erhält. Die Abfallböden, Vorfelder, bestehen aus 25 cm starkem

---

341) „Exkursion des österr. Reichsforstvereines in den Schwarzwald und nach Elsass-Lothringen;“ Oesterr. Vierteljahresschrift für Forstwesen. 4. Heft 1900.

Pflaster, welchem zur weiteren Sicherheit ein Rundholz eingelegt ist. Die Oberkante der Abfallböden liegt mindestens 0,15 m tiefer als die Oberkante der folgenden Sperre, damit sich ein Wasserpolster bildet. Trotzdem sind Beschädigungen des Vorfeldes eingetreten und es wird beabsichtigt, eine Betonschichte unter das Vorpflaster und dieses selbst in Cement zu legen.

Umfangreiche Fluss- und Wildbachverbauungen sind in Preußisch-Schlesien auf Grund des schlesischen Hochwasserschutzgesetzes vom 3. Juli 1900, von welchem schon Seite 290 die Rede war, geplant.

Nach diesem Gesetze sind die Lausitzer Neiße, der Bober, die Katzbach, die Weißritz, die Glatzer Neiße und die Hotzenplotz, soweit sie zur Provinz Schlesien gehören und nicht schiffbar sind, samt Zuflüssen „auszubauen“, d. h. zu regulieren. Das Gesetz beschränkt sich nicht nur darauf, die Regulierung der Flussläufe vorzusehen, sondern es sind auch Maßnahmen zur Zurückhaltung der Geschiebe und des Wassers in den Quellgebieten geplant, weil die Untersuchungen ergeben haben, dass die unschädliche Abführung der höchsten Wässer durch die Regulierung der Wasserzüge allein nicht erreicht werden kann. Maßregeln forstlicher Natur, welche ein Zurückhalten des Wassers bezwecken, also sowohl Aufforstungen, wie Verhütung von Entwaldungen, sind im Gesetze nicht aufgenommen, da diesbezüglich schon ein früheres Gesetz, betreffend Schutzmaßregeln im Quellgebiete der linksseitigen Zuflüsse der Oder in Schlesien, d. i. das Gesetz vom 18. September 1899 in Kraft ist.

Die Regulierung, bezw. Verbauung soll nicht nur die Instandsetzung des Wasserlaufes und seiner Ufer, soweit sie zur regelmäßigen Hochwasserabfuhr, sowie zur Verhinderung der Geschiebebildung erforderlich ist, umfassen, sondern auch die Freilegung des für den regelmäßigen Hochwasserabfluss wesentlichen Gebietes, des sogenannten Hochwasserabfluss-Gebietes, und geeigneten Falles auch Anlagen zur Zurückhaltung des Wassers durch Stauweiher, Sammelbecken u. dgl. (Hochwasserbecken). Der Ausbau erfolgt nach einem einheitlichen, zwischen Staat und dem Land Schlesien für jeden Flusslauf zu vereinbarenden Plane. Beide haben demnach darüber Entschließung zu treffen, in welchem Umfange der Ausbau der einzelnen Wasserläufe erfolgen soll. Unternehmer, Bauherr, ist das Land, der Provinzialverband, unter staatlicher Aufsicht, und es ist ein Abweichen von dem einmal festgestellten Plane ohne Genehmigung der staatlichen Behörden nicht zulässig.

Zu den Kosten des erstmaligen Ausbaues im Gesamthöchstbetrage von Mk. 39,140,000 leistet der Staat eine Beihilfe von vier Fünftel und der Provinzialverband ein Fünftel. Die Kosten der Unterhaltung sind von denjenigen aufzubringen, die ein Interesse an der ordnungsmäßigen Unterhaltung des Wasserlaufes und seines Hochwasserlaufgebietes besitzen. Zum Zwecke der Verteilung der Kosten und zur Gewinnung eines gerechten Verteilungsmaßstabes ist nach einem bestimmt geordneten Verfahren ein Kataster aufzustellen und nur im Falle der Ueberbürdung der Verpflichteten hat die Provinz selbst einzutreten.

Bei der Projektierung, die sich auch im besonderen Maße auf die Herstellurg von Sammelbecken zur Zurückhaltung des Wassers in den Quellgebieten ausdehnen soll, gilt der Grundsatz, den Flusslauf und den für den Abfluss des Hochwassers in Betracht kommenden Teil des Ueberschwemmungsgebietes (Hochwasserabflussgebiet) möglichst so in den Stand zu setzen, dass das Hochwasser ohne wesentlichen Schaden abfließen kann.

Die Art und der Umfang der einzelnen Arbeiten ist dem individuellen Charakter der einzelnen Bach- und Flussläufe angepasst, indem je nach dem mehr oder weniger starken Gefälle, der Aufnahms- und Widerstandsfähigkeit des Bettes, die baulichen Maßnahmen andere sind. Die Durchführung einer gleichwertigen Regulierung verlangt infolge dessen in den verschiedenen Flussgebieten sowohl hinsichtlich des Umfanges der Arbeiten als der Höhe der Kosten von einander abweichende Aufwendungen. Betreffs der Zurückhaltung der Geschiebe kommt in Betracht, dass die weitaus meisten Geschiebsmengen nicht aus den abbrüchigen Gebirgshängen der Quellbäche, sondern aus den Sohlen und Ufern der Thalläufe kommen, welche in den Schotterkegeln am Fuße des Gebirges liegen, weshalb auch neben der Verbauung der Quell- und Wildbäche auf eine wirksame Befestigung der Flussbette in ihren Uferläufen Bedacht genommen werden musste. Es ist sicher, dass die Oberläufe und Gebirgsstrecken größere Kosten erfordern als die Unterläufe, welch letzteren aber dieser Mehraufwand durch die Zurückhaltung der Geschiebe gleichfalls zugute kommt.

Bei den geplanten Arbeiten ist ferner darauf Bedacht genommen worden, in den Zuflüssen durch bauliche Vorkehrungen jede verstärkte Hochwasserführung thunlichst zu vermeiden. In den Strecken mit übermäßig starkem Gefälle ist durchwegs durch

Einbau von hohen Cascaden, Thalsperren, Grundschwellen, auf eine Verminderung der Geschwindigkeit hingewirkt worden. In den Gebirgsdörfern, in denen die Wohn- und Wirtschaftsgebäude vielfach auf beiden Seiten nahe an den Bach herantreten, wurde die sichere Abführung der höchsten Fluten in Betracht gezogen. Auch hiebei ist vornehmlich auf Vermeidung jeder Gefällsvermehrung geachtet, zu diesem Zwecke grundsätzlich das Einbauen von Grundschützen zur Verbesserung der Flussverhältnisse an den vielfach ungenügenden Wehren vermieden und solche neue vorgesehen, wo ein anderweitiger Umbau des festen Wehres, sei es durch Verbreiterung oder Erhöhung der Ufermauern, ausgeschlossen war. Weite Strecken der hier in Betracht kommenden nicht schiffbaren Flüsse sind allerdings durch Wohnstätten und andere Kulturanlagen mehr oder weniger so verbaut, dass die Erreichung einer gefahrlosen Abfuhr der höchsten Hochwässer vielfach gleichbedeutend mit der Wiederfreilegung der Thäler gewesen wäre. In nicht geschlossenen Ortschaften, wo immerhin noch eine gewisse Ausbreitung des Wassers möglich ist, wird beabsichtigt, durch die Festlegung von Bebauungsgrenzen und die Freilegung, bezw. Freihaltung des dazwischen liegenden Geländes den ungehinderten Abfluss der Flutwellen zu erreichen, wobei es natürlich nicht ausgeschlossen ist, dass einzelne Gebäude nach wie vor in Ausnahmsfällen vom Hochwasser berührt werden.

Die genaue Feststellung der Bebauungsgrenze erfordert naturgemäß für jede Ortschaft eine besonders eingehende Erwägung, so dass sie der Bearbeitung der genauen Entwürfe noch vorbehalten bleiben musste. In den Lageplänen der Vorentwürfe sind jedoch bereits die Grenzen desjenigen Querschnittes angegeben, welcher genügen dürfte, selbst die Hochfluten unter allen Umständen unschädlich zum Abflusse zu bringen. Für manche Ortschaften war dagegen durch ordnungsmäßigen Ausbau der Wasserläufe keine durchgreifende Abhilfe zu schaffen, weil die Herstellung eines genügenden Flutenquerschnittes die Beseitigung mehr oder weniger großer Teile der Ortschaften bedingen würde, und zwar gerade derjenigen, um deren Schutz es sich überhaupt handelt. In diesen Fällen kann allein die Verzögerung des Gesamtabflusses, d. h. die Zurückhaltung der die bordvoll abfließenden Fluten übersteigenden Wassermenge in den weiter oberhalb gelegenen Gebieten, helfen. Bei diesen Arbeiten muss aber die Ausbildung zu starker, der Beschaffenheit der Sohle und Ufer

nachteiliger Geschwindigkeiten verhütet werden. Aus diesem Grunde werden auch von vornherein Geradlegungen möglichst vermieden und nur dort bewerkstelligt, wo sie zur Ausgleichung des Gefälles oder zur Erreichung eines sicheren Uferschutzes unbedingt geboten sind. Es sind bisher nicht nur die umfassendsten Vorarbeiten bereits fertig gebracht, sondern auch mit vorherrschend vom Staate sofort nach der Hochwasserkatastrophe 1897 reichlich zur Verfügung gestellten Mitteln die dringendsten Schutzarbeiten ausgeführt, so dass schon die recht bedeutenden Hochwässer im Mai und Juli 1899 ohne nennenswerten Schaden den Weg zum Thale gefunden haben. Besonders günstig erwiesen sich die ausgeführten zahlreichen Thalsperren in den Sammelgebieten, indem große Schuttmassen zurückgehalten und weitere Sohlenvertiefungen und Unterspülungen der Böschungen verhindert wurden. So wurde unter anderem im Grunsenwasser, dem Quellflusse der Eglitz gebaut, wobei der Grundsatz eingehalten wurde, dass alle 50 m eine auf Holzrost wenigstens 1,2 m fundierte Steinsperre mit 1 bis 2 m Abfall errichtet wird, deren Krone in Cement gelegt ist, während der übrige Sperrenkörper aus Trockenmauerung besteht, und dazwischen 0,5 bis höchstens 0,6 m hohe Sekundärsperren nach dem österreichischen System der Pfahltraversen zur Sicherung des 1 : 1 und nach Zulässigkeit 1 : 1 ½ geböschten Uferpflasters errichtet werden, so dass das Gefälle der Bachlaufstrecke auf 2 Proz. herabgemindert wird.

Die vorstehenden Angaben sind der an anderer Stelle bezogenen Schrift von Seherr-Thoss [118]) und auszugsweise einem Artikel der österr. Forst- und Jagdzeitung [342]) entnommen.

Dass man sich in Preußen für die Wildbachverbauung sehr interessiert, geht auch aus der Thatsache hervor, dass über Auftrag des preußischen Landwirtschaftsministers im Jahre 1898 eine Besichtigung lehrreicher Verbauungen in Oesterreich stattfand. deren Ergebnis in einem Berichte des Landforstmeisters Schulz, des geh. Oberregierungsrates Holle und des geh. Baurates von Münstermann niedergelegt erscheint. [343])

Diesem allerdings nur sehr lückenhaften Berichte ist noch

342) „Umfangreiche Fluss- und Wildbachverbauungen in Preußisch-Schlesien.“ Oesterr. Forst- und Jagdzeitung. Nr. 49, 1900.

343) „Wildbachverbauungen und Regulierungen von Gebirgsflüssen in Oesterreich“; von Schulz, Holle und Münstermann. Landwirtschaftliche Jahrbücher Berlin 1899.

hinzuzusetzen, dass Deutschland auf dem Gebiete der Oedlandaufforstung, der Dünen, Heiden, Moore, wie das aus früher bezogenen Schriften hervorgeht, außerordentlich thätig ist.

Grieb[107]) berichtet über die diesfälligen Kulturbestrebungen in Deutschland und in anderen Staaten. Speziell über Oedlandaufforstungen in Preußen, insoweit der Staatsbesitz in Frage kommt, gibt eine in der „Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen", 7. Heft 1902 enthaltene Nachweisung Aufschluss.

Russland.

In diesem Staate hat man mit eigentlichen Wildbachverbauungen erst in jüngster Zeit und zwar im Kaukasus und in Turkestan begonnen. Es werden an Gemeinden und an Private vom Staate zum Zwecke der Durchführungen von Wildbachverbauungen Beträge aus einem zur Verfügung stehenden Meliorationsfonde vorgestreckt und solche Arbeiten vom Staate auch mit goldenen Medaillen und Geldsummen bis 300 Rubel prämiiert. Auch stellt der Staat über Verlangen sachkundige Beamte, Forstingenieure, zur Verfügung.

Zur Ausbildung des niederen Personales, welches zum Wildbachverbauungsdienste herangezogen wird, ist im Gouvernement Kursk, einem der fruchtbarsten und bevölkertsten Gouvernements des europäischen Russlands, an der Kutscherovschen niederen Ackerbauschule ein Kursus errichtet worden.

Im Jahre 1900 wurden im genannten Gouvernement, Kreis Sudyan, Musterverbauungen durchgeführt, deren Besichtigung die Nachbargouvernements angeordnet haben.*)

Noch sei hinzugefügt, dass Russland auf dem Gebiete der Aufforstung von Oedland jeder Art außerordentlich thätig ist. Man bemüht sich, die Gehänge der Gebirge und die Kuppen zu bewalden. Ersteres findet im Kaukasus und in der Krimm statt, die Kuppenbewaldung wird in den Gouvernements von Gherson, Iekaterinoslaw, Taurien und Astrachan geübt. Der Bewaldung der zumeist jeder Feuchtigkeit entbehrenden Gebirgshänge geht die Terrassierung in horizontalen Terrassen zu dem Zwecke voraus, um einen Teil der atmosphärischen Niederschläge besser aufzuhalten.[344], [345])

*) Der Verfasser verdankt diese Angaben der Liebenswürdigkeit des Herrn Eduard Kern, Direktor der Forstindustrieschule in St. Petersburg.

344) „Catalogue des objets exposés par la direction général des forêts"; Paris 1900.

345) „Les forêts de la Russie"; Paris 1900.

Griechenland.

Die vielfach wildbachartigen Wasserläufe und Wildbäche Griechenlands schwellen, namentlich in der unteren Zone der immergrünen Laubhölzer, wo eine spärliche Bestockung vorhanden ist, sehr rasch an, führen aber, weil die in Griechenland vorherrschenden Gesteinsmassen, Marmor und Jurakalk, der Verwitterung nicht sehr unterliegen, wenig Geschiebe mit sich, was ihre Ueberflutungen für das anliegende Gelände nicht so schadenbringend gestaltet.*)

In wenigen Fällen sind Erosionsbäche vorhanden.

Die für die unschädliche Ableitung der Gebirgswässer getroffenen Maßregeln haben sich bis jetzt lediglich auf die Herstellung von Uferschutzbauten, von Längswerken und Thalsperren, deren Ausführung der königl. Bauverwaltung überwiesen ist, beschränkt. Erst in den letzten Jahren sind auch kulturelle Maßregeln, so Aufforstungen in Attika, durchgeführt worden.

In steilen Lehnen, wo Abschwemmungen zu befürchten sind, greift der Staat wirtschaftlich ein, indem er jede Holzfällung verbietet und die Waldungen als Schutzwälder erklärt.

Als Beispiele von bis jetzt vollendeten oder noch im Bau begriffenen Wildbachverbauungen sind folgende zu erwähnen: Die Wildbachverbauung in den Gebieten des Kiffissos und des Iliossos in Attika, in der Ebene von Athen, bestehend in der Aufforstung der kahlen Berghänge, der Herstellung von Uferschutzbauten, von Thalsperren, Stausperren, und Schaffung eines neuen Bachbettes im Unterlaufe des Ilissos. Das Erfordernis betrug 250,000 Frcs.

Es ist nicht uninteressant zu erfahren, dass der Kiffissos anlässlich eines Hochwassers im Jahre 1896 bei einem Niederschlagsgebiete von rund 34,000 ha, oder 340 km^2, pro Sekunde 565 m^3 Wassermasse, sonach nicht ganz 2 m^3 pro Sekunde und km^2 führte, welche Masse angesichts des Umstandes nicht als groß angesehen werden kann, als dieses Hochwasser zu den bedeutendsten gezählt wird.

Weiter ist Verbauung des Nedon in Messenien, eines Erosionsbaches, zu erwähnen. Als Schutzmaßregeln wurden Aufforstung und Konsolidierung der Rutschflächen, Anlage von Holz- und Steinthalsperren, welche später zu erhöhen wären, Uferschutzbauten,

*) Die vorstehenden Mitteilungen verdankt der Verfasser dem Herrn Constantin Samios, Generaldirektor der Forste Griechenlands zu Athen.

Flecht- und Faschinenwerke und dann Regulierung des Bettes im unteren Teile des Wasserlaufes vorgeschlagen. Das Erfordernis beläuft sich auf 655,000 Frcs.

Die Verbauung des Klafsidonos und Anavros, Verwitterungswildbäche, welche die Stadt Volos in Thessalien überfluteten und ihren Hafen mit Sinkstoffen ausfüllten, wäre ebenfalls zu nennen. Das Erfordernis beziffert sich auf 258,000 Frcs.

Auch Rumänien, Serbien und Bulgarien interessieren sich für die Sache der Wildbachverbauung und haben Organe nach Oesterreich und vermutlich auch in andere Staaten entsendet, um den Gegenstand zu studieren. Inwieweit man dort bereits diesfalls thätig ist, ist dem Verfasser nicht bekannt geworden.

Spanien.

Anlässlich des internationalen Forstkongresses zu Paris 1900, hat Puig Y. Valls, Chefingenieur der Forste Spaniens, einen kurzen Auszug der Abhandlung „Apuntes relativos á la Repolicatión forestal de la Sierra de Espuna“[230]) gegeben, welchem zu entnehmen ist, dass die Arbeiten der Wildbachverbauung und Wiederbewaldung mit dem Studium des Niederschlagsgebietes „de Luchena“, welches zwei Wildbachperimètres mit 20,294 ha Fläche umfasst, begonnen wurden.

In den Jahren 1896 bis 1899 wurde eine Fläche von 3250 ha aufgeforstet, 2981 ha enteignet, 4349 Querwerke mit 12661 m^3 Kubikinhalt in Cyklopenmauerung trocken erbaut. Die zwei wichtigsten, im Flusse Espuna errichteten Thalsperren sind 31,67 m, bezw. 28,3 m lang, 8 m bezw. 7 m im Fundamente und 5 m in der Krone stark gehalten. Die Kosten eines Kubikmeters Mauerung stellten sich auf 2,64 bis 4 „piécettes.“ Außerdem wurden noch sechs andere Périmètres aufgeforstet und in 4 anderen Studien angestellt.

Japan.

Japan ist im Vergleiche mit China und Korea, wo in den reich bevölkerten Landesteilen kaum mehr ein Wald zu sehen ist, reich bewaldet. Trotzdem sind in den Gebirgen Japans Wildbäche und Terrainabsitzungen keine Seltenheit und dies auffallenderweise gerade in den Gegenden der Granit- und Porphyrformation, das ist vorwiegend in Mitteljapan.

Ueberschwemmungen, deren Ursache gewiss auch Waldverwüstung war, traten schon in früheren Jahrhunderten häufig ein und regten zur Aufforstung kahler Flächen im Gebirge, zur Befestigung des in Bewegung befindlichen Terrains an. Wann mit solchen Arbeiten thatsächlich begonnen wurde, lässt sich mit Bestimmtheit allerdings nicht sagen, doch kann angenommen werden, dass die in das Jahr 1683, das ist unter der Shogunregierung, fallende Besichtigung der überschwemmten Gegenden in den Kinaiprovinzen durch hervorragende Beamte, als welche zu nennen sind, Ogasawara Iwaminokami, Hikosaka Ikinokami und Oka Bixennokami, die Arbeiten in Fluss kamen. Gleichzeitig entsendete die Regierung den damaligen Hydrotekten Ingenieur Kawamura Zuiken in die Sammelgebiete einiger Flüsse, so des Kamo-Katsura-Uji und Kixuflusses, um die Verhältnisse zu prüfen und die entsprechenden Maßnahmen in Antrag zu bringen. Die Folge dieser Reisen war der Beginn der Aufforstungsthätigkeit, die sich zunächst auf die Bepflanzung der Oeden und die Nachbesserung schlechter Waldbestände erstreckte. Von einer eigentlichen Wildbachverbauung war noch nicht die Rede. Dieselbe wurde erst im Jahre 1789 inauguriert, als die Shogunregierung die beiden Fachleute Mayeda Akinokami und Oyamada Tosakonami nach Kinai entsendete, um neuerliche Studien anzustellen.

Namentlich drei Landesfürsten der sieben Kinaiprovinzen, und zwar Inaba in Yodo, Yanagisawa in Koriyma und Todo in Iga nahmen sich der Sache an und bestritten die Auslagen aus der allgemeinen Landessteuer.

Die damals in Anwendung gebrachte Verbauungsmethode ist noch heute in Japan üblich.

Die politischen Unruhen, welchen die Shogunregierung zum Opfer fiel und welche im Jahre 1868 zum Reformkriege führten, brachten einen vollständigen Stillstand in diese Arbeiten. Als aber die Ueberschwemmungen, insbesondere im Yodoflusse in Kinai immer schädlicher auftraten, die Schifffahrt in diesem Flusse infolge der zunehmenden Verschotterung fast zur Unmöglichkeit wurde, schaffte die Regierung ein eigenes Ingenieurdepartement, welchem die Verwaltung der regulierungsbedürftigen Flüsse oblag. In erster Linie war der Yodofluss zu regulieren, beziehungsweise zu verbauen, doch erstreckten sich die Arbeiten mangels genügender Mittel nur auf den Unterlauf. Im Jahre 1874 wurde der holländische Hydrotekt Drehk nach Japan berufen, der versuchsweise.

und zwar in der Provinz Yamuto in Mitteljapan, ausgedehnte Verbauungsarbeiten ausführte, wobei er sich von dem von ihm zuerst in Anwendung gebrachten Strohbaue, wie er später beschrieben wird, großen Erfolg versprach. Jm Jahre 1885 kamen in ganz Japan mehrere Baubehörden zur Errichtung, welchen die Wildbachverbauungsarbeiten überwiesen wurden. Im Jahre 1896 wurde das Wasserrechts-, im Jahre 1897 ein eigenes Wildbachverbauungsgesetz erlassen.

Von reinen Aufforstungsarbeiten, welche aber auch die Hintanhaltung der Geschiebeführung bezweckten, sind jene zu erwähnen, welche bereits vor 200 Jahren durch den japanischen Gelehrten Kumazawa Hanzan in dessen Heimat Okayama, im Gebiete des gefürchteten Asahiflusses ausgeführt wurden. Der gegenwärtigen Organisierung nach werden größere Verbauungen vom Ingenieurdepartement des Ministeriums des Inneren, kleinere dagegen vom Forstdepartement des Acker- und Handelsministeriums besorgt. Hervorzuheben ist, dass das japanische Wasserrechtsgesetz allgemeine Bestimmungen, dann solche über die Flussverwaltung, die Benutzung der Gewässer und die Flusspolizei, die Aufteilung etwaiger Regulierungskosten, die Rechte und Pflichten der Anrainer etc. enthält.

Das Wildbachverbauungsgesetz enthält außer allgemeinen Bestimmungen solche über Beschränkung der Bodenbenutzung und Vorbeugung von Terrainbewegungen, über die Aufteilung der Verbauungskosten, Aufsicht der ausgeführten Verbauungen u. dgl. m.

Was die in Japan geübte Verbauungsmethode anbelangt, so kann diese in die Bodenbefestigung durch Pflanzung und jene durch bauliche Vorkehrungen, Thalsperren, geteilt werden. Ueber die erstere wurde bereits an anderer Stelle kurze Mitteilung gemacht.

Bezüglich der baulichen Vorkehrungen, und zwar zunächst der Thalsperren, ist hervorzuheben: Diese werden als Erdwerke, Flechtwerke oder in Stein erbaut. Die Erdwerke erhalten einen Thonkern und sind an den $1\frac{1}{2}$füßigen Böschungen und an der Krone mit Stückrasen bekleidet. Für den Abfluss des Wassers dient eine an der Objektskrone hergestellte muldenförmige Vertiefung, Abflusssektion. Durch Herstellung eines Steinwurfes oder Anlage von Reisig wird das Vorfeld des Objektes versichert.

Die Thalsperren, eigentlich Grundschwellen, als Querflechtwerke sind nur 70 cm hoch und ein wenig bergabwärts geneigt.

Unterhalb wird in passender Entfernung ein zweites, etwa 20 cm hohes Flechtwerk errichtet uud der Zwischenraum zwischen beiden als Vorfeldversicherung mit Steinen abgepflastert. Die Thalsperren aus Stein bestehen in der Regel aus einer 60 cm starken, etwas bergabwärts gekehrten, aus einer Lage von Hausteinen gebildeten Mauer, an welche an der Bergseite eine ca. 60 cm starke Thon- oder Lettenschichte mit 1 $^1/_2$ füßiger Böschung angelegt wird. Vor das Objekt kommt eine aus 1—2 m langen Pfählen gebildete Wand und der Raum zwischen dieser und dem eigentlichen Objekte wird mit Stein in Art einer Vorfeldversicherung abgepflastert.

Zur eigentlichen Sohlensicherung gegen Erosion dienen verschiedene Bauherstellungen, und zwar:

1. Quer über die Sohle wird ein Reisigband *a*, Fig. 115, Seite 354 und darauf senkrecht loses oder gebundenes Reisig *b* in ein oder mehreren Lagen gelegt. Die Verbindung geschieht mit Hilfe von Pflöcken, die unter sich wieder verflochten werden. Die Oberfläche der Reisiglage wird mit Thon ausgeschlagen und darauf eine Pflasterung mit Hau- oder unbehauenen Bruchsteinen gesetzt.

2. Steinschwellen werden in der Art gebildet, dass eine Steinreihe *a*, Fig. 116, Seite 356, quer über den Wasserlauf derart gelegt wird, dass die Steine zur Hälfte aus dem Boden hervorragen. Dahinter kommt, etwas erhöht, eine zweite Steinlage *b* und dahinter wieder eine Lage Reisig *c*.

3. Schwellen werden auch mit Hilfe von Säcken *a*, Fig. 117, Seite 356, gebildet, welche aus einer Strohhülle bestehen und innen mit Erde gefüllt sind. Diese Säcke sind stark gebunden und werden neben- und aufeinander in die Bachsohle gelegt. Vor die Säcke wird ein Flechtwerk *b* gesetzt.

Statt der Säcke werden auch Bambussäcke oder Körbe verwendet. Man flicht aus dem gespaltenen Bambus einen 30 bis 60 cm starken, beliebig, gewöhnlich 4 bis 6 m langen Korb und füllt den Innenraum mit Schotter aus, die Körbe werden nebeneinander, quer über den Wasserlauf gelegt und mit starken Pflöcken an den Boden befestigt. Diese Körbe werden Iakago. Schlangenkörbe genannt und auch gern als Uferschutzbauten. Buhnenbauten, Abbildung Nr. 85, Seite 376, verwendet.*)

*) Der Verfasser verdankt diese Mitteilungen den Herren Dr. Shitaro Kawai und Dr. Otokichi Watanabe.

Von außereuropäischen Staaten, welche sich mit der Frage der Erhaltung der Gebirgsgründe ernstlich befassen, bezw. die Erhaltung und Vermehrung des Waldlandes anstreben, möchten noch Egypten, Nord-Amerika und Britisch-Indien besonders genannt sein. Bezüglich der Thätigkeit in letztem Staate liegt eine umfassende Abhandlung[133]) vor.

Die Frage der internationalen Behandlung der Wildbachverbauung.

Anlässlich des internationalen Forstkongresses zu Wien im Jahre 1890 wurde die Frage aufgeworfen:

Welche Erfahrungen liegen über Wildbach- und Lawinenverbauung vor? Wäre es nicht gerechtfertigt, die Aktion der Wildbachverbauung zu einer internationalen zu gestalten und wie ließe sich dies realisieren?

Als Referenten waren Prosper Demontzey, Elias Landolt und der Verfasser bestellt. Die bezüglichen Referate sind in dem Berichte über die Verhandlungen des internationalen land- und forstwirtschaftlichen Kongresses zu Wien 1890, enthalten.[101]) Der Kongress einigte sich damals zu dem folgenden Beschlusse.

1. Die Verbauung der Wildbäche und die Regulierung der wildbachartigen Flüsse sind von dringender Notwendigkeit und sollen eifrigst fortgesetzt werden.

2. Diese für das öffentliche Wohl so wichtige Frage ist für alle Länder Europas, wenn auch in verschiedenem Grade von Interesse, sie soll daher Gegenstand einer internationalen Konferenz bilden, in welcher die allgemeinen Grundsätze ihrer Durchführung festgesetzt werden, während die Mittel der Ausführung der Vereinbarung zweier oder mehrerer, unmittelbar beteiligter Länder vorbehalten bleiben sollen.

Ein zweitesmal kam die Frage gelegentlich des internationalen Kongresses 1898 in Lausanne zur Sprache. Sie lautete damals:

„Erscheint es angezeigt, dass seitens der von einem internationalen Wasserlaufe durchströmten oder berührten Staaten, die im Einzugsgebiete dieser Gewässer vorzunehmenden Aufforstungs- und Verbauungsarbeiten durch Beiträge zu unterstützen seien?

Ueber den Gang der auf Grund eines von Dr. F. Fank-

hauser in Bern erstatteten bezüglichen Berichtes eingeleiteten Verhandlung geben die diesbezüglichen Aufsätze in Nr. 11 und 12 des Jahrganges 1898 der „Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen“ [346]) genauen Aufschluss u. zw.:

Die aufgeworfene Frage ist offenbar insbesondere für die Schweiz von Interesse, da wohl in keinem anderen Lande auf so beschränkter Fläche eine gleiche Zahl von Wildwässern ihren Ursprung nimmt, um nach relativ kurzem Laufe auf das Gebiet eines anderen Staates überzutreten. Kein anderes Land hätte somit mehr Aussicht auf Unterstützung durch seine Nachbarstaaten, wenn die Bejahung der gestellten Frage ausgesprochen und dieser Grundsatz thatsächlich zur Anwendung gebracht würde.

Offenbar müsste, so sprach man sich in Lausanne aus, falls die Bändigung eines Wildwassers als internationales Werk erklärt würde, sich die Beteiligung der interessierten Staaten an den Kosten nach dem Verhältnisse des für jeden erwachsenden Nutzens richten. Soweit es die Schweiz betrifft, sind die für das aufgestellte Thema vorzüglich in Betracht fallenden Verhältnisse die folgenden: Die große Mehrzahl der Wildwässer der Schweiz durchfließt bereits im Innern des Landes oder an der Grenze Seebecken, in denen erstere ihr sämtliches Geschiebe liegen lassen. Die Rhone und der Tessin bringen daher gar kein Geschiebe über die Grenze und der Rhein nur dasjenige, welches ihm die Flüsse aus den Vorbergen zuführen, ein im Vergleiche zur Wassermenge nicht bedeutendes Quantum, dessen Abfuhr ohne Schwierigkeit erfolgt. So darf man wohl sagen, dass, nachdem die Frage der Rheinkorrektion von der Illmündung bis zum Bodensee durch den mit Oesterreich-Ungarn abgeschlossenen Staatsvertrag vom 30. Dezember 1892 geregelt erscheint, für die Schweiz eine dringende Veranlassung, die Aktion der Wildbachverbauung als eine internationale zu betrachten, kaum vorliegen dürfte.

Wohl ziemlich in derselben Lage befindet sich Frankreich indem dessen Wasserläufe mit Wildbachcharakter, abgesehen etwa von der bei Genf in die Rhone mündenden Arve und dem Segra in den östlichen Pyrenäen, sich ins Meer ergießen, ohne vorher ein anderes Land durchflossen zu haben. Deutschland ist in der

346) „Die internationale Aktion in Sachen der Bändigung von Wildwässern“: von Dr. F. Fankhauser. „Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen“, Heft 11 und 12, 1898.

glücklichen Lage, nur wenige in die Kategorie der eigentlichen Wildbäche einzureihende Wasserläufe zu besitzen; beinahe keine derselben gehen über die Landesgrenze hinaus. Ebenso gibt Italien keine Wildbäche von Belang an seine Nachbarstaaten ab.

Es bliebe somit einzig noch Oesterreich-Ungarn übrig, aus dessen Thälern, insbesondere am Südabfalle der Alpen, zahlreiche mehr oder minder geschiebeführende Wildwässer in die oberitalienische Tiefebene hinaustreten.

Aus Obigem dürfte hervorgehen, dass es wenigstens in den vornehmlich in Betracht kommenden Staaten, zu den Ausnahmen gehört, wenn zwei oder mehrere derselben an der Bändigung des nämlichen Wildbaches in hervorragendem Maße interessiert sind. Geradezu selten aber trifft es zu, dass die von einem Staate im Einzugsgebiete eines Wildbaches vorgenommenen Aufforstungen und Verbauungen ganz oder beinahe ausschließlich dem Nachbarstaate zugute kommen. Gewöhnlich haben schon die näher dem Ursprunge gelegenen Gegenden von den ausgeführten Werken einen wesentlichen Vorteil. In solchen Fällen dürfte auf fremde Beiträge umso eher verzichtet werden, als die Verheerungen der Wildbäche wohl in der Mehrzahl der Fälle doch nur die Folge stattgefundener übermäßiger Abholzungen sind und man somit für die Sünden seiner eigenen Vorfahren büßen muss. Auch wird man sich nicht verhehlen dürfen, dass bei den meisten Staaten in diesen Fällen wenig Geneigtheit zu einer Beitragsleistung zu erwarten wäre, dies umsomehr, als die von Wildbächen heimgesuchten Länder ohnehin große Opfer bringen müssen, um im eigenen Lande dem Uebel thunlichst zu begegnen.

Es folgte nun aus Anlass des Lausanner Kongresses eine kurze Darstellung des bereits in den einzelnen Staaten auf dem Gebiete der Wildbachverbauung Geschehenen, aus welcher hervorgeht, dass sämtliche Alpenländer bedeutende Anstrengungen machen, der verheerenden Wirkung ihrer Wildwässer vorzubeugen und sich zu diesem Zwecke nicht nur große Opfer auferlegt haben, sondern auch fernerhin werden auferlegen müssen. Um so geringer dürfte aber die Geneigtheit sein, sich an den von einem Nachbarstaate unternommenen Werken dieser Art finanziell zu beteiligen.

Hievon wohl zu unterscheiden ist der Fall, in welchem das Wildwasser auf eine längere Strecke die Landesgrenze bildet oder aber dieselbe so quer durchschneidet, dass das geringwertige Ein-

zugsgebiet in einem, der Schaden verursachende Teil des Bachlaufes dagegen ganz im anderen Lande liegt. Verhältnisse dieser letzteren Art werden weniger bei wildbachartigen Flüssen, als bei eigentlichen Wildbächen vorkommen. Dass hier ein Zusammenwirken der beiden beteiligten Staaten unerlässlich erscheint, ist wohl selbstverständlich, und es fragt sich dabei nur, ob die beiderseitige Aktion durch einen für alle gemeinsamen Wasserläufe anwendbaren Vertrag oder aber von Fall zu Fall geordnet werden solle. Diese Frage kann wohl kaum anders als in letzterem Sinne beantwortet werden.

Da jeder Wasserlauf seinen besonderen Charakter besitzt, so ist seine Unschädlichmachung eine Spezialfrage und bedarf zu ihrer Lösung auch eines Spezialstudiums. Noch notwendiger aber wird die Verhandlung von Fall zu Fall mit Rücksicht auf die finanzielle Mitwirkung verschiedener Staaten. Diese Ansicht ist schon im Jahre 1890 beim internationalen land- und forstwirtschaftlichen Kongress zu Wien vertreten worden. Bei Erörterung der damals vorgelegten vorgenannten Frage empfahl Demontzey für jeden einzelnen Fall den Abschluss einer Konvention zwischen den beiden Nachbarstaaten auf Grundlage eines Berichtes, welchen eine internationale Kommission nach vorherigem gemeinsamen Studium der Angelegenheit abzugeben hätte. Dieser Anschauung vollständig beipflichtend, gelangte auch der Lausanner Kongress zu folgenden Schlüssen:

1. Durch energische Fortführung der in den einzelnen mitteleuropäischen Staaten im Gange befindlichen Aktion der Verbauung von Wildbächen und Aufforstung von deren Sammelgebieten findet für diese Länder die Frage der Bändigung von wildbachartigen Flüssen, welche verschiedene Staaten durchströmen, ihre zweckmäßigste Lösung.

2. Mit Bezug auf die mit einer Landesgrenze zusammenfallenden Wildwässer oder bei Wildbächen, die von dieser Grenze so durchschnitten werden, dass die im Einzugsgebiete vorgenommenen Arbeiten ausschließlich oder größtenteils dem Nachbarstaate zugute kommen, hat zwischen den beteiligten Ländern von Fall zu Fall eine Vereinbarung über die Ausführung der betreffenden Arbeiten, über deren Instandhaltung, sowie über die Beschaffenheit der erforderlichen Mittel stattzufinden.

Die vorstehende Beantwortung der dem mehrgenannten Kongresse vorgelegten Frage scheint vollkommen der Sachlage zu

entsprechen. Der bereits erwähnte, zwischen Oesterreich und der Schweiz abgeschlossene Staatsvertrag vom 30. Dezember 1892 gibt den besten Fingerzeig, wie derartige, zwei oder mehrere Staaten berührende Angelegenheiten von Fall zu Fall zu lösen sind.

Der internationale Forstkongress zu Paris 1900 hat sich gleichfalls mit dem Gegenstande befasst, und wurde zum Ausdruck gebracht, es mögen die Staaten die Art einer internationalen Vereinbarung erwägen, zu dem Zwecke, um die bestehenden Waldungen zu erhalten, kahles Gebirgsterrain wieder zu kultivieren, um sich gegen Wildbäche, Gletscher und Lawinen und auch Waldbrände zu verteidigen. Es sei ein internationales Amt zu gründen, um die Untersuchung über einschlägige Fragen vorzunehmen und es sei eine internationale Gesetzgebung auszuarbeiten, auf dass es den verschiedenen Staaten möglich werde, ihre Thätigkeit und ihre Mittel im gemeinsamen Interesse zu einigen.

So sehr sicherlich die internationale Behandlung des Gegenstandes in manchen Fällen gerechtfertigt wäre, so ist nicht zu bezweifeln, dass sich derselben stets große, die rasche Durchführung gewiss nicht fördernde Hindernisse entgegenstellen würden.